

MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU  
STRUČNI STUDIJ ODRŽIVI RAZVOJ

MARIO TARADI

POTROŠNJA TOPLINSKE ENERGIJE ZA GRIJANJE U OBITELJSKOJ  
KUĆI NAKON ENERGETSKE OBNOVE TOPLINSKE OVOJNICE

ZAVRŠNI RAD

ČAKOVEC, 2018.

MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU  
STRUČNI STUDIJ ODRŽIVI RAZVOJ

MARIO TARADI

POTROŠNJA TOPLINSKE ENERGIJE ZA GRIJANJE U OBITELJSKOJ  
KUĆI NAKON ENERGETSKE OBNOVE TOPLINSKE OVOJNICE

CONSUMPTION OF THERMAL ENERGY FOR HEATING IN A  
FAMILY HOUSE AFTER RECONSTRUCTION OF THE THERMAL  
ENVELOPE

ZAVRŠNI RAD

Mentor: Ratko Matotek, pred.

ČAKOVEC, 2018.

## **SAŽETAK**

*Veliki broj obiteljskih kuća, raznih oblika, primijenjenih materijala, kao i veličina, troši mnogo toplinske energije. Sve više se razvija svijest o potrošnji energije, koja je jedan od glavnih problema sadašnjosti, kao i o činjenici da treba doći do promjena i racionalnoga korištenja energije. Zgradarstvo je jedno od glavnih sektora kod kojih dolazi do prekomjernoga gubitka energije na godišnjoj razini. Da bi se smanjili gubici, potrebno je utvrditi gdje do njih dolazi i maksimalno ih spriječiti. Jedan je od glavnih razloga tome što na dosad izgrađenim zgradama nedostaje izolacija ili pak je nedovoljna. Kod takvih je zgrada potrebna kompletna obnova vanjske ovojnice.*

*Većina zgrada u Republici Hrvatskoj je starije gradnje. Za njih nisu postojali propisi toplinske uštede i zaštite ili su bili znatno blaži u pogledu zahtjeva energetske učinkovitosti. Takve zgrade su veliki potrošači energije na temelju izloženosti hladnoći zimi i ljetnom pregrijavanju. Obnovom vanjske ovojnice povećava se energetska učinkovitost i ugodnost boravka u zgradi. Iz perspektive zaštite okoliša, smanjuje se godišnja specifična emisija CO<sub>2</sub> i potrošnja energije. Republika Hrvatska je ulaskom u Europsku uniju obvezna smanjiti uporabu primarnih energenata i emisije stakleničkih plinova, te upotrebljavati obnovljive izvore kao primarne energente zbog povećanja broja obiteljskih zgrada gotovo nulte potrošnje energije do 2020. godine. Europska unija s fondovima za obnovu zgrada potiče razvoj zgradarstva na način da se smanjuje potrošnja energije. U obnovi zgradarstva sudjeluje angažman lokalnih tvrtki i stručnjaka da bi se kvalitetno odradili projekti obnove. Time se, osim svih prednosti, u sektoru zgradarstva i okoliša povećava i ekonomska dobit svih tvrtki koje sudjeluju u projektima obnove zgradarstva Europske unije.*

*U ovom završnom radu prikazan je proračun godišnjih toplinskih gubitaka obiteljske kuće starije gradnje bez adekvatne toplinske izolacije na temelju obnove vanjske ovojnice s različitim debljinama toplinske izolacije, zbog smanjenja ukupne godišnje potrebne energije za grijanje, troškova kao i emisije CO<sub>2</sub>.*

**Ključne riječi:** energetska učinkovitost, obiteljska kuća, obnovljivi izvori, ovojnica zgrade, potrošnja energije, toplinska izolacija

# SADRŽAJ

## SAŽETAK

1. UVOD.....	4
2. REGULATIVA U REPUBLICI HRVATSKOJ.....	6
2.1. Energetski certifikat .....	8
2.2. Energetski razred .....	9
3. TOPLINSKA OVOJNICA ZGRADE.....	10
3.1. Izolacija zida .....	11
3.2. Izolacija krova.....	12
3.3. Izolacija poda .....	13
3.4. Otvori .....	14
3.5. Toplinski mostovi .....	15
3.6. Prirodni materijali .....	17
3.7. Sustav grijanja .....	20
4. TEHNIČKI OPIS PROJEKTA.....	21
5. ANALIZA TROŠKOVA TOPLINSKE ENERGIJE ZA GRIJANJE.....	35
6. ZAKLJUČAK.....	46
7. LITERATURA .....	47
Popis slika .....	48
Popis tablica .....	49
Popis grafikona.....	50
Opis znakovlja.....	51
Prilog .....	52

## 1. UVOD

Obiteljske kuće čine 65% stambenog fonda u Republici Hrvatskoj, koji je odgovoran za 40% od ukupne potrošnje energije na nacionalnoj razini. Najviše obiteljskih kuća u Hrvatskoj je izgrađeno prije 1987. godine, pa nemaju nikakvu ili samo minimalnu toplinsku izolaciju vanjske ovojnice (energetski razred E i lošiji). Kod takvih kuća potrošeno je 70% energije za grijanje, hlađenje i pripremu potrošne tople vode, a mjerama energetske učinkovitosti mogla bi se značajno smanjiti njihova potrošnja, kod nekih slučajeva i do 60% u odnosu na trenutnu [1].

Nizom dokumenata, članice Europske unije odlučile su se za poboljšanje energetske učinkovitosti, a posebno su značajni sljedeći dokumenti:

- Zelena knjiga o energetske učinkovitosti od 22. lipnja 2005. godine,
- Zelena knjiga o energetici od 8. ožujka 2006. godine i
- Akcijski plan za energetske učinkovitost (ACTION PLAN FOR ENERGY EFFICIENCY: Realising the potential - Saving 20% by 2020) [2].

Tablica 1. prikazuje opću potrošnju energije Republike Hrvatske kojoj pripadaju potrošnja energije u kućanstvima, uslužnom sektoru, poljoprivredi i građevinarstvu.

**Tablica 1.** *Neposredna potrošnja energije u općoj potrošnji*

	2010.	2011.	2012.	2013.	2014.	2015.	2015./14.	2010.-15.
	PJ						%	
Ugljen Coal	0,26	0,23	0,22	0,18	0,11	0,09	-16,9	-18,2
Ogrjevno drvo i biomasa Fuel Wood and Biomass	49,82	48,64	48,57	48,27	42,88	48,84	13,9	-0,4
Tekuća goriva Liquid Fuels	28,06	26,62	23,36	21,66	19,80	20,82	5,2	-5,8
Plinovita goriva Gaseous Fuels	32,29	29,55	27,73	26,87	24,45	26,52	8,5	-3,9
Električna energija Electricity	43,74	43,73	43,50	42,11	40,76	42,01	3,1	-0,8
Toplinska energija Heat	9,13	8,67	8,10	8,23	6,86	7,21	5,1	-4,6
Obnovljivi izvori Renewables	0,51	0,55	0,59	0,63	0,84	0,88	5,7	11,6
UKUPNO TOTAL	163,81	157,98	152,08	147,95	135,70	146,38	7,9	-2,2

Izvor: <http://www.eihp.hr/wp-content/uploads/2016/12/Energija2015.pdf>

Iz tablice 1. je vidljivo kako je strategijama energetskog razvoja i programima Europske unije došlo do pada potrošnje ugljena kao energenta za gotovo 20% i porasta obnovljivih izvora energije za 11,6% u rasponu od 2010. do 2015. godine, što označava spori pomak prema obnovljivim izvorima energenata.

Iz tablice 2. vidljiva je velika potrošnja energenata u sektoru kućanstva. Ona je zaslužna za veliku većinu potrošnje energije iz općeg sektora potrošnje energenata u Republici Hrvatskoj. Obiteljske kuće starije izgradnje koje su lošeg energetskog razreda E, F ili G iskorištavaju daleko više energije negoli toplinski izolirane kuće. S gradnjom novih toplinski izoliranih kuća i toplinskom obnovom starih, vidljivo je smanjenje potrošnje energije za 2,6% u razdoblju od 2010. do 2015. godine.

Tijekom razdoblja od 2010. do 2015. godine, ostvaren je pad potrošnje energije s smanjenjem u prosječnoj godišnjoj stopi od 2,2%, a pri tome se potrošnja energije smanjivala u svim sektorima opće potrošnje [3].

**Tablica 2.** *Potrošnja energije u podsektorima opće potrošnje*

	2010.	2011.	2012.	2013.	2014.	2015.	2015./14.	2010.-15.
	PJ						%	
Kućanstva Households	116,02	110,73	107,32	104,38	93,76	101,83	8,6	-2,6
Uslužni sektor Services	32,13	31,60	30,36	29,49	28,07	30,75	9,5	-0,9
Poljoprivreda Agriculture	10,27	10,49	9,61	9,47	9,70	9,64	-0,6	-1,2
Građevinarstvo Construction	5,39	5,16	4,79	4,60	4,16	4,16	-0,1	-5,1
<b>UKUPNO OPĆA POTROŠNJA</b> <b>TOTAL OTHER SECTORS</b>	163,81	157,98	152,08	147,95	135,70	146,38	7,9	-2,2

*Izvor: <http://www.eihp.hr/wp-content/uploads/2016/12/Energija2015.pdf>*

## **2. REGULATIVA U REPUBLICI HRVATSKOJ**

U nastavku je dan pregled zakona, uredbi, pravilnika i tehničkih propisa iz područja energetske učinkovitosti, koji je dostupan na službenim stranicama Ministarstva graditeljstva i prostornoga uređenja (MGPU).

### **Zakoni**

- Zakon o energetske učinkovitosti  
(„Narodne novine“ broj 127/14.)
- Zakon o gradnji  
(„Narodne novine“ broj 153/13., 20/17)

### **Uredbe**

- Uredba o ugovaranju i provedbi energetske usluge u javnom sektoru  
(„Narodne novine“ broj 11/15)

### **Pravilnici**

- Pravilnik o energetske pregledima građevina i energetske certificiranju zgrada  
(„Narodne novine“ broj 81/12., 29/13., 78/13.)
- Pravilnik o uvjetima i mjerilima za utvrđivanje sustava kvalitete usluga i radova za certificiranje instalatera obnovljivih izvora energije - fotonaponskih sustava  
(„Narodne novine“ broj 56/15.)
- Pravilnik o uvjetima i mjerilima za utvrđivanje sustava kvalitete usluga i radova za certificiranje instalatera obnovljivih izvora energije - solarnih toplinskih sustava  
(„Narodne novine“ broj 33/15, 56/15, 12/17)
- Pravilnik o uvjetima i mjerilima za utvrđivanje sustava kvalitete usluga i radova za certificiranje instalatera obnovljivih izvora energije - manjih kotlova i peći na biomasu  
(„Narodne novine“ broj 39/15, 56/15, 12/17)

- Pravilnik o uvjetima i mjerilima za utvrđivanje sustava kvalitete usluga i radova za certificiranje instalatera obnovljivih izvora energije - plitkih geotermalnih sustava i dizalica topline  
(„Narodne novine“ broj 56/15, 12/17)
- Pravilnik o uvjetima i načinu izdavanja potvrde hrvatskim državljanima i pravnim osobama za ostvarivanje prava pružanja usluga regulirane profesije energetskog certificiranja i energetskog pregleda zgrade u državama ugovornicama Ugovora o Europskom ekonomskom prostoru  
(„Narodne novine“ broj 47/14.)
- Pravilnik o energetskom pregledu zgrade i energetskom certificiranju  
(„Narodne novine“ broj 48/14., 150/14., 133/15., 22/16., 49/16., ~~87/16.~~, 17/17., 77/17.)
- Pravilnik o energetskom pregledu zgrade i energetskom certificiranju  
(„Narodne novine“ broj 88/17.)
- Pravilnik o sustavnom gospodarenju energijom u javnom sektoru  
(„Narodne novine“ broj 18/15, 06/16.)
- Pravilnik o kontroli energetskog certifikata zgrade i izvješća o redovitom pregledu sustava grijanja i sustava hlađenja ili klimatizacije u zgradi  
(„Narodne novine“ broj 73/15.)
- Pravilnik o osobama ovlaštenim za energetsko certificiranje, energetski pregled zgrade i redoviti pregled sustava grijanja i sustava hlađenja ili klimatizacije u zgradi  
(„Narodne novine“ broj 73/15., 133/15.)
- Pravilnik o uvjetima i načinu izdavanja potvrde osobama iz država ugovornica Ugovora o europskom gospodarskom prostoru za pružanje usluge energetskog certificiranja i energetskog pregleda zgrade u Republici Hrvatskoj te priznavanju inozemnih stručnih kvalifikacija za pružanje usluga energetskog certificiranja i energetskog pregleda zgrade  
(„Narodne novine“ broj 77/15.)



- Pravilnik o sustavu izobrazbe i certificiranja građevinskih radnika koji ugrađuju dijelove zgrade koji utječu na energetska učinkovitost u zgradarstvu („Narodne novine“ broj 67/17.)

### **Tehnički propisi**

- Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama („Narodne novine“ broj 97/14., 130/14.)
- Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama („Narodne novine“ broj 128/15.)

### **2.1. Energetski certifikat**

Energetsko certificiranje zgrade je skup postupaka i radnji koji se provode u svrhu izdavanja energetskog certifikata [4].

Energetskim certifikatom je dokument kojim su predočena energetska svojstva zgrade. Energetski certifikat sadrži podatke osobe koja je izradila i izdala energetski certifikat, te sadrži podatke o osobama koje su sudjelovale u izradi certifikata, opće podatke zgrade, prikazuje energetski razred zgrade, rok važenja izdanog certifikata, oznaku energetskog certifikata, podatke o termotehničkim sustavima zgrade, energetske potrebe zgrade, podatke korištenja obnovljivih izvora energije, prijedlog mjera, detaljnije informacije i objašnjenje sadržaja energetskog certifikata [4].

Energetsko certificiranje zgrade uključuje energetski pregled zgrade, određivanje energetskog razreda zgrade i izradu energetskog certifikata, proračune referentnih klimatskih podataka za iskazivanje specifične godišnje potrebne toplinske energije za grijanje i godišnje energetske potrebe za hlađenje, specifične godišnje isporučene energije, specifične godišnje primarne energije, specifične godišnje emisije CO<sub>2</sub> [4].

Energetski certifikat zgrade, odnosno njezina posebnog dijela (u daljnjem tekstu: energetski certifikat) izdaje se za zgradu, odnosno njezin poseban dio za koji je potrebno koristiti energiju za održavanje unutarnje projektne temperature u skladu s njezinom namjenom, osim za:

1. zgradu koja se koristi za održavanje vjerskih obreda ili vjerskih aktivnosti,


2. privremenu zgradu čiji je rok uporabe dvije godine ili manje, industrijsko postrojenje, radionicu i nestambenu poljoprivrednu zgradu s malim energetskim potrebama,
3. stambenu zgradu koja se koristi manje od četiri mjeseca godišnje i
4. slobodnostojeću zgradu s ukupnom korisnom površinom manjom od 50 m<sup>2</sup> [4].

## 2.2. Energetski razred

Energetski razred zgrade je indikator energetskih svojstava izražen u  $Q''_{H,nd}$  za godišnje potrebe toplinske energije za grijanje referentnih klimatskih podataka svedene na jedinicu ploštine korisne površine stambenih zgrada, a kod nestambenih zgrade izražen je preko relativne vrijednosti godišnje potrebne toplinske energije za grijanje (prema Pravilniku o energetskim pregledima zgrada i energetskom certificiranju, „Narodne novine“ broj 88/17.) [5].

U energetskom certifikatu stambenih zgrada grafički se prikazuje energetski razred pripadajućim slovom s podacima  $Q''_{H,nd}$  o specifičnoj godišnjoj potrebnoj toplinskoj energiji za grijanje za referentne klimatske podatke izraženoj u kWh/(m<sup>2</sup>a) [5].

Na slici 1. je prikazan izgled energetskog certifikata.

ENERGETSKI RAZRED ZGRADE	Specifična godišnja potrebna toplinska energija za grijanje $Q''_{H,nd}$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	Specifična godišnja primarna energija $E_{prim}$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)]
		
	C	B
Specifična godišnja isporučena energija $E_{del}$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)]		
Specifična godišnja emisija CO <sub>2</sub> [kg/(m <sup>2</sup> a)]		
Upisati „nZEB“ ako energetsko svojstvo zgrade ( $E_{prim}$ ) zadovoljava zahtjeve za zgrade gotovo nulte energije propisane važećim TPRUETZZ	nZEB	

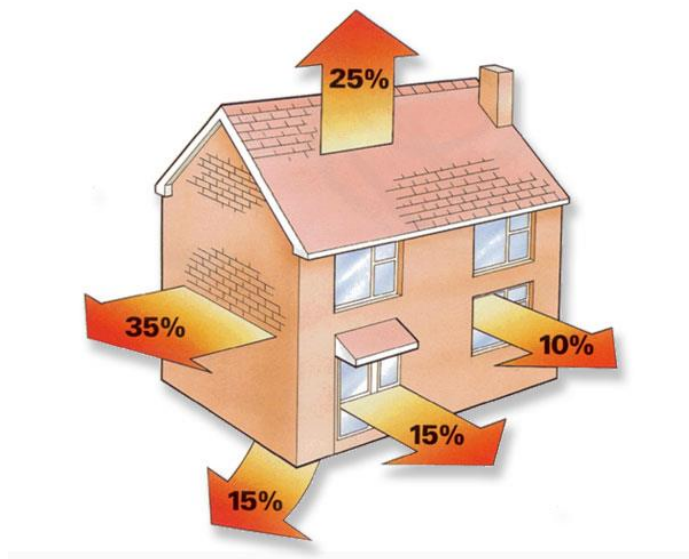
Slika 1. Energetski razredi

Izvor: [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2017\\_09\\_88\\_2093.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2017_09_88_2093.html)

### 3. TOPLINSKA OVOJNICA ZGRADE

Ako se želi definirati toplinska ovojnica zgrade potrebno je prije svega definirati samu ovojnicu zgrade koja predstavlja fizičku granicu ili barijeru između unutarnjeg prostora i vanjskog okoliša zgrade, u što su uključeni svi funkcionalni dijelovi zgrade: zidovi, krov i temelji. U pogledu energetske učinkovitosti najvažniji aspekt ovojnice zgrade jest da ona predstavlja toplinsku barijeru kojom se nastoji održati temperatura unutarnjeg prostora na prihvatljivoj razini, iako ovojnica zgrade ima i značajnu ulogu u sprječavanju prodora vlage i buke iz okoliša u unutarnji prostor [6].

Toplinsko – izolacijski sloj štiti zgradu od toplinskih gubitaka zimi i pregrijavanja tijekom ljeta. Toplinski gubici ovise o sastavu elemenata vanjske ovojnice, orijentaciji, i koeficijentu toplinske vodljivosti materijala ( $\lambda$ ) pa su neki srednji postoci gubitka topline građevine kroz različite slojeve i načine prikazani na slici 2. Da bismo spriječili transmisijske gubitke kroz kroviste, vanjsku površinu zidova i poda na tlu, potrebno je toplinsko – izolacijski plašt izvesti bez prekida u plaštu zgrade da bi se spriječili toplinski mostovi. Prikladno ventiliranje moguće je izvesti sustavom rekuperatora za maksimalno smanjenje toplinskih gubitaka kroz ventilaciju.



**Slika 2.** Toplinski gubici zgrade

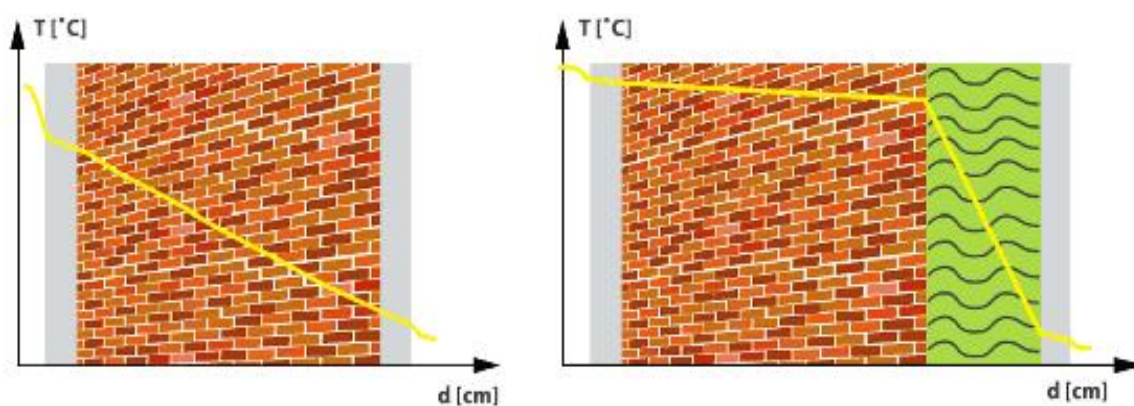
Izvor: <http://www.zapadstan.hr/energetska-ucinkovitost.html#squelch-taas-accordion-shortcode-content-2>

Temelj uspješne primjene mjera energetske učinkovitosti u zgradarstvu su:

- povećanje toplinske zaštite postojećih i novih zgrada,
- povećanje učinkovitosti sustava grijanja, hlađenja i ventilacije,
- povećanje učinkovitosti sustava rasvjete i energetskih trošila i
- uvođenje energetskog certifikata za označavanje zgrada prema godišnjoj potrošnji energije [7].

### 3.1. Izolacija zida

Gubici topline zgrade kroz ovojnicu vanjskih zidova prema koeficijentu toplinske provodljivosti materijala i faktoru oblika zgrade ( $f_0$ ) iznose oko 35% ukupnih godišnjih toplinskih gubitaka. Preporučeni koeficijent prolaska topline kroz građevinske slojeve vanjskog zida ne smije premašiti vrijednosti  $U_{\max}$  od 0,30 [W/m<sup>2</sup>K] prema članku 32., 50. i 60. Tehničkog propisa o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama („Narodne novine“ broj 128/15.). Prolazak topline kroz građevinske slojeve zida u zimskim danima prikazan je na slici 3. Na lijevoj strani slike prikazan je zid sa velikim padom temperature kroz slojeve zbog velikog koeficijenta toplinske provodljivosti materijala ( $\lambda$ ), kojim se povećava godišnja potreba toplinske energija za grijanjem ( $Q_{H,nd}$ ). Na desnoj slici dodana je vanjska toplinska izolacija. Materijal s malim koeficijentom toplinske vodljivosti pruža veći otpor prolasku topline, što sprječava pad temperature u unutarnjim slojevima zida.



**Slika 3.** Prolazak topline kroz slojeve zida

Izvor: <http://www.enu.fzoeu.hr/ee-savjeti/toplinska-zastita-objekta/toplinska-izolacija-vanjskog-zida>

U tablici 3. prikazane su neke vrste toplinske izolacije s pripadajućim koeficijentom toplinske vodljivosti materijala. Da bi se sa zadanim vrstama izolacije postigao koeficijent prolaska topline  $U=0,35$  [W/m<sup>2</sup>K], potrebna debljina postavljanja izolacije na vanjski zid prikazana je u tablici 3.

**Tablica 3.** Podaci o izolacijskim materijalima

TOPLINSKO IZOLACIJSKI MATERIJAL	TOPLINSKA VODLJIVOST [W/mK]	POTREBNA DEBLJINA (cm) ZA $U=0,35$ [W/m <sup>2</sup> K]
Kamena vuna	0,035 - 0,050	9 - 11
Ekspandirana polistirenska pjena (EPS)	0,035 - 0,040	9 - 10
Ekstrudirana polistirenska pjena (XPS)	0,030 - 0,040	9 - 10
Tvrda poliuretantska pjena	0,020 - 0,040	7 - 9

Izvor: <http://www.enu.fzoeu.hr/ee-savjeti/toplinska-zastita-objekta/svrha-i-vrste-toplinske-izolacije>

### 3.2. Izolacija krova

Osim što štiti od vremenskih utjecaja, krov štiti i od hladnoće i vrućine. Gubici kroz krovšte prikazani na slici 2. iznose oko 25% ukupnih godišnjih gubitaka. U slučaju krova bez izolacije ljeti dolazi do pregrijavanja, a zimi do gubitaka topline.

Toplinska izolacija krova osigurava ugodne mikroklimatske uvjete boravka u prostorijama pa time značajno smanjuje potrošnju energije za grijanje i hlađenje. Postavlja se između i ispod greda. Radi prekrivanja toplinskih mostova, preporuča se izvesti donji, drugi sloj toplinske izolacije [8].

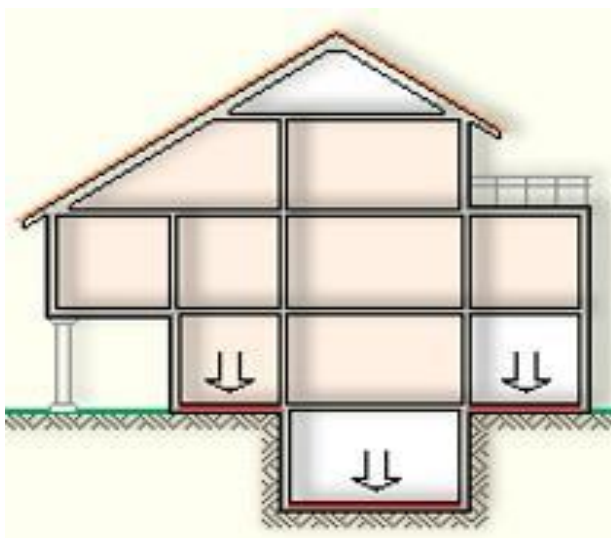
Ukoliko se ne koristi prostor ispod kosog krova, odnosno nije grijani prostor, tada se toplinska izolacija postavlja na gornju stranu međukatne konstrukcije negrijanog prostora tj. na pod tavana [9].

Da bi se spriječio gubitak topline, krov je potrebno potpuno izolirati bez prisutnosti toplinskih mostova. Ovisno o vrsti i obliku krova, potrebno je izraditi rješenje za toplinske mostove. Ukoliko izolacija, npr. mineralna vuna, dođe u kontakt s vodom, gubi

izolacijska svojstva. Iz tog razloga valja potkrovlja ili ravni krov dodatno zaštititi od vlage hidroizolacijom.

### 3.3. Izolacija poda

Podna ploha grijanog prostora može biti međukatna konstrukcija, ili biti u neposrednom kontaktu s tlom, kao što je prikazano na slici 4.



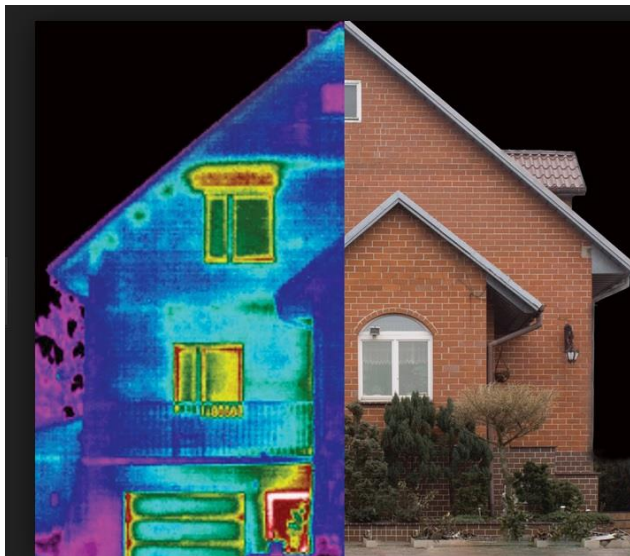
**Slika 4.** Prikaz poda na tlu

*Izvor: <http://www.enu.fzoeu.hr/ee-savjeti/toplinska-zastita-objekta/toplinska-izolacija-poda-na-tlu-ili-poda-iznad-otvorenog-ili-negrijanog-prostora>*

Toplinski gubici prema tlu iznose do 15% ukupnih godišnjih toplinskih gubitaka. Kod novogradnje pod na tlu potrebno je toplinski izolirati toplinskom izolacijom što veće debljine, dok je kod postojećih zgrada takva mjera zbog većih građevinskih zahvata koji je prate uglavnom ekonomski neisplativa. Međutim, ekonomski vrlo isplative mjere su toplinska izolacija stropne konstrukcije prema negrijanom tavanu, i podne međukatne konstrukcije prema negrijanom podrumu. Potrebno je toplinski zaštititi i podne konstrukcije iznad otvorenih prolaza. Kod postavljanja toplinske izolacije važno je izolirati cijelu vanjsku ovojnicu bez prekida u toplinskoj izolaciji, da bi se smanjio utjecaj toplinskih mostova [10].

### 3.4. Otvori

Otvori predstavljaju slabu točku u toplinskom plaštu. Kroz njih dolazi do velikih transmisijskih i ventilacijskih gubitaka, što prikazuje slika 5. Vrata i prozori su najdinamičniji dio zgrade, zato što istovremeno propuštaju sunčevu energiju kroz ostakljenja, čime se zagrijavaju prostorije, a toplinsku energiju predaju i okolini transmisijski i ventilacijski.



**Slika 5.** Gubici kroz otvore

*Izvor: <https://certingproject.fullbusiness.com/o-nama/termovizijsko-snimanje.htm>*

Gubici kroz prozore dijele se na ventilacijske gubitke tj. gubitke provjetravanjem i gubitke prijenosa topline. Ako se zbroje transmisijski toplinski gubici kroz prozore i gubici provjetravanjem, ukupni toplinski gubici kroz prozore predstavljaju više od 50% toplinskih gubitaka zgrade. Gubici kroz prozore znatno su veći u odnosu na gubitke vanjskog zida, iz toga je jasno da energetska učinkovitost prozori ima važnu ulogu za energetske potrebe zgrade. U skladu novih tehničkih propisa, maksimalan potreban iznos koeficijenta prolaska topline ( $U$ ) za prozore i balkonska vrata iznosi  $1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Na postojećim starim zgradama se koeficijent prolaska topline ( $U$ ) za prozore kreće od  $3,00$  do  $3,50 \text{ W/m}^2\text{K}$  i više (gubici topline kroz prozore takve prolaznosti topline iznose prosječno  $240\text{--}280 \text{ kWh/m}^2$  godišnje). Europska zakonska regulativa propisuje vrijednosti koje se kreću od  $1,40$  do  $1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Taj se koeficijent kreće između  $0,80$  i  $1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$  kod suvremenih niskoenergetskih i pasivnih kuća [10].

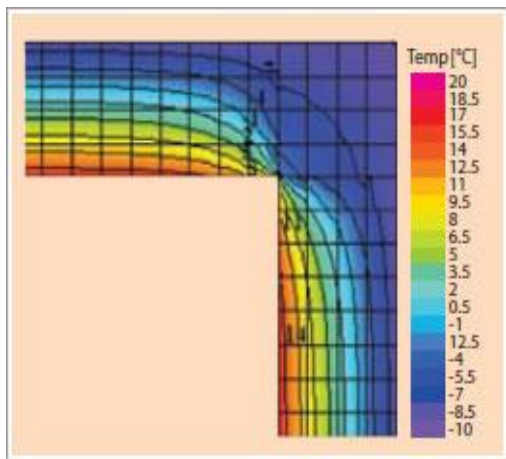


Za maksimalno iskorištavanje sunčevog svjetla u zimskom razdoblju, primarno i sekundarno svjetlo kroz ostakljenje treba zagrijavati prostoriju u većoj mjeri nego što prostorija izgubi toplinske energije. Pregrijavanje u ljetnom razdoblju kroz ostakljenje moguće je riješiti balkonima, listopadnim drvećem ispred prozora ili sjenilima. Prema materijalu izrade, prozori i vrata mogu biti izvedeni od metala, PVC-a, drva ili kombinirano. Kod vrata ili prozorskih okvira ne smije nastati toplinski most pa je potrebno da brtvila, materijal izrade i/ili ispune postižu relativno isti koeficijent prolaska topline kao i staklene površine [11].

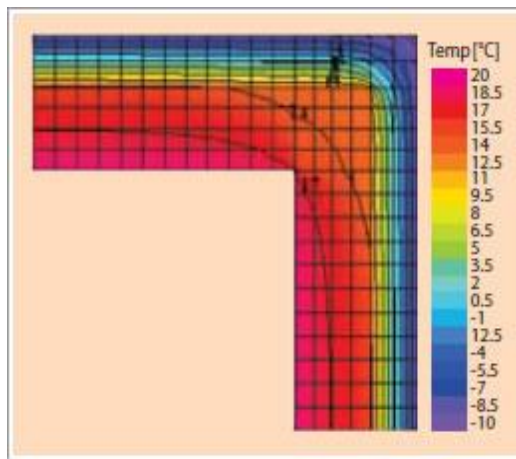
### 3.5. Toplinski mostovi

U graditeljstvu su toplinski mostovi manja područja na građevnom elementu u omotaču grijanog dijela zgrade na kojem je povećan prolazak topline zbog promjene materijala, debljine ili geometrije građevnog dijela. Zbog smanjenog toplinskog otpora u odnosu na ostatak konstrukcije, unutarnja površinska temperatura na toplinskom mostu manja je nego na ostaloj površini građevnog dijela, što može prouzročiti kondenziranje vodene pare [10].

Slike 6. i 7. prikazuju temperaturnu razliku u uglu zgrade bez i s termoizolacijom.



**Slika 6.** Termički prikaz ugla zgrade



**Slika 7.** Termički prikaz izoliranog ugla zgrade

Izvor: <https://www.webgradnja.hr/specifikacije/834/izolacija-vanjskih-zidova-kontaktne-fasade-kamenom-vunom-knauf-insulation/>



Najveći problem kod obnove zgrada je neplanirano rješenje za toplinske mostove kod kojih dođe do nekontroliranih gubitaka energije.

Mjesta pojavljivanja toplinskih mostova na zgradama su:

- uglovi zgrada,
- spojevi unutrašnjih i vanjskih zidova,
- spoj drvenih podrožnica i rogova s armirano-betonskim serklažima,
- spoj stropa i vanjskog zida,
- spoj zida i krova,
- spoj zida i plohe poda / stropa podruma,
- spojevi prozora i vrata (nadvoji, ograde i sl.) i
- proboji izolacijskih slojeva (balkoni, konzole i sl.) [10].

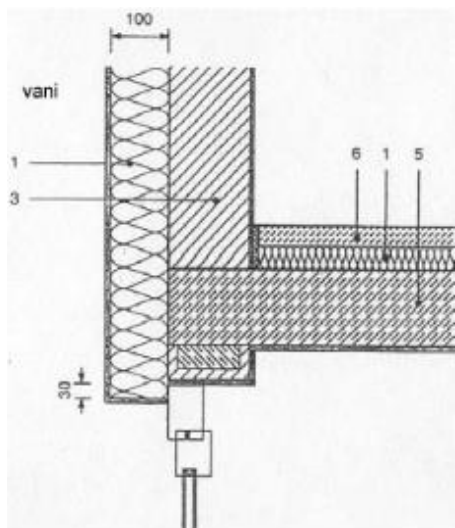
Posljedice toplinskih mostova su:

- povećani gubici topline,
- niža površinska temperatura unutrašnje plohe vanjskog građevinskog dijela,
- pojava površinske kondenzacije vodene pare,
- pojava gljivica i plijesni i
- štete na građevini [10].

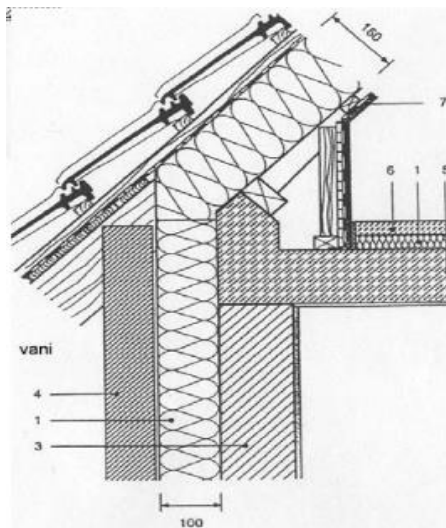
Slike 8. i 9. prikazuju neke od rješenja detalja neprekidnog plašta toplinske izolacije uz vanjsku ovojnicu zgrade.

Na slici 8. toplinski most smanjen je spojem zidne izolacije i prozorskog okvira.

Slika 9. prikazuje presjek krova i međustropne konstrukcije. Kako ne bi došlo do prolaza topline, napravljen je spoj vanjske izolacije s tavanskom izolacijom.



Slika 8. Nprekinuti toplinski plašt



Slika 9. Nprekinuti toplinski plašt

Izvor:

[http://www.arhitekt.unizg.hr/SU/Javni%20dokumenti/ARHIVA%20ODR%C5%BDANI%20TE%C4%8CAJEVA/2013/ZG\\_3\\_Energetska%20sanacija%20zgrada\\_2013/PREDAVANJA%2020131121/ZG\\_3\\_07\\_Toplinski\\_mostovi\\_JBV.pdf](http://www.arhitekt.unizg.hr/SU/Javni%20dokumenti/ARHIVA%20ODR%C5%BDANI%20TE%C4%8CAJEVA/2013/ZG_3_Energetska%20sanacija%20zgrada_2013/PREDAVANJA%2020131121/ZG_3_07_Toplinski_mostovi_JBV.pdf)

### 3.6. Prirodni materijali

Sve više se primjenjuju prirodni izolacijski materijali u građevinarstvu. Izolacije umjetnih anorganskih, organskih, i prirodnih resursa razlikuju se po cijeni, ekološkoj prihvatljivosti i koeficijentu toplinske vodljivosti materijala ( $\lambda$ ). Neki od prirodnih materijala su drvena vuna, ekspanzirani pluto, ovčja vuna, slama, lan, konoplja, kokosova vlakna. Koji od prirodnih resursa odabrati ovisi o raspoloživosti, cijeni i njegove toplinske provodljivosti [11].

Na slici 10. prikazani su neki od prirodnih resursa u obliku izolacijskog materijala. Takvi materijali pronalaze novu upotrebu u građevinarstvu kao izolacijski materijal vanjskih zidova i tavanskih prostora.



**Slika 10.** Prirodni izolacijski materijali

Izvor: <http://terrabilja.com/category/zdravo-stanovanje/>

U tablici 4. navedeni su neki od prirodnih izolacijskih materijala. U odnosu na sintetske izolacije, izrada prirodnih izolacija znatno je jeftinija (npr. ovčja vuna). Nekim od prirodnih materijala toplinska provodljivost je znatno slabija od sintetskih iz tablice 3., što se može uskladiti postavljanjem debljeg izolacijskog sloja.

**Tablica 4.** Podaci o izolacijskim materijalima

TOPLINSKO IZOLACIJSKI MATERIJAL	TOPLINSKA VODLJIVOST [W/mK]	POTREBNA DEBLJINA (cm) ZA $U=0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$
Drvena vuna	0,065 - 0,09	16 - 20
Ekspandirani pluto	0,045 - 0,055	11 - 14
Ovčja vuna	0,04	10 - 11
Slama	0,090 - 0,130	20 - 35

Izvor: <http://www.enu.fzoeu.hr/ee-savjeti/toplinska-zastita-objekta/svrha-i-vrste-toplinske-izolacije>

Da bi se neki materijal mogao nazvati ekološkim materijalom, osim što je prirodnog podrijetla, potrebno je da se cijeli životni ciklus, od dobivanja sirovine, izrade izolacijskog materijala, ugradnje, uporabe i uklanjanja, odvija ekološki i bez predaje ikakvih štetnih tvari okolišu [11].

U Hrvatskoj se godišnje proizvodi 700 do 1.000 tona ovčje vune [12].

Slika 11. prikazuje ovčju vunu bačenu kao otpadni resurs zbog većih proizvodnih kapaciteta nego što tržište zahtijeva i može upotrijebiti. Vuna je jedna od prirodnih resursa koji imaju malu toplinsku vodljivost gotovo jednaku kao i neki sintetski izolatori.



**Slika 11.** *Ovčja vuna kao otpad*

*Izvor: [http://www.zagreb-energyweek.info/assets/files/2014/prezentacije%20ponedjeljak/04%20-%20Ivona%20Lon\\_ar-Ivana%20Lovre\\_i\\_.pdf](http://www.zagreb-energyweek.info/assets/files/2014/prezentacije%20ponedjeljak/04%20-%20Ivona%20Lon_ar-Ivana%20Lovre_i_.pdf)*

### 3.7. Sustav grijanja

Sustava grijanja održava temperaturu u grijanom dijelu zgrade na željenoj granici tijekom hladnog razdoblja za ostvarenje željene ugodnosti boravljenja.

Sustavi grijanja su:

- pojedinačni (lokalni) i
- centralni [13].

Energenti sustava grijanja koji se koriste su:

- plin,
- loživo ulje,
- kruta goriva,
- električna energija,
- obnovljivi izvori energije i
- toplina okoliša [13].

Koji se sustav grijanja i energent primjenjuju u zgradi najviše ovisi o energetskej učinkovitosti sustava grijanja, potrebama, investicijskim i pogonskim troškovima, raspoloživosti energenta i ogrjevnom vrijednošću energenta. Generator topline centralnog grijanja smješten je na jednom mjestu u zgradi gdje se kao nositelj topline iskorištava zrak, voda ili para. Prirodan plin jedan je od plinskih goriva koji se najčešće upotrebljavaju u centralnom grijanju. U svom sastavu sadrži vodik što ga čini pogodnim za korištenje kondenzacijskim kotlovima [13].



**Slika 12.** *Primjer kondenzacijskog bojlera*

*Izvor: <https://www.cee.hr/trgovina/bosch-kondenzacijski-bojler-zwb-24-3-c-23/>*

#### 4. TEHNIČKI OPIS PROJEKTA

Idejno rješenje obiteljske kuće izrađeno je u sklopu nastavnog programa kolegija Održivost arhitekture na Međimurskom veleučilištu u Čakovcu tijekom 5. semestra pod mentorstvom Jasmine Ovčar, v.pred. prema temeljnim zahtjevima za niskoenergetske. Detalji unutarnje hijerarhije prostorija su izrađeni naknadno. Izračun potrebne godišnje toplinske energije za grijanje izrađen je u sklopu nastavnog programa kolegija Upravljački softver pod mentorstvom Ratka Matoteka, pred. u 6. semestru pomoću Knauf Insulation (KI) Expert programa.

Zgrada, predmet ovog rada, je namijenjena isključivo stalnom boravku. Tlocrtna dimenzije iznose 11 m x 9 m s visinom prostorija od 2,5 m. Tlocrtna površina etaže iznosi 99 m<sup>2</sup>. Ukupna tlocrtna površina toplinski izoliranog dijela građevine iznosi 198 m<sup>2</sup>. Grijanom dijelu kuće pripadaju prizemlje i kat, a negrijani dio se sastoji od provjetravanog tavana. Kao početno stanje što se tiče vanjskih zidova, poda prema tlu i stropa prema negrijanom tavanu uzima se toplinski neizolirana zgrada.

Nosiva konstrukcija se sastoji od trakastih temelja. Na temeljnom zidu postavljeni su vertikalni serklaži od armiranog betona i nosiva konstrukcija od blok – opeke. Pod prema tlu i stropne ploče napravljene su od armiranog betona. Prozori i vrata su izvedeni od PVC profila, s dvostruko izolirajućim staklom sa zaštitom od sunca. U proračunu energetskih potreba koriste se podaci samo za grijani prostor. U tablici 5. prikazane su glavne geometrijski podaci zgrade. Ostali podaci površina i grafički prikaz zgrade slijede u nastavku.

**Tablica 5.** Geometrijski podaci zgrade

PODACI	OZNAKA	MJERNA JEDINICA	VRIJEDNOST
Oplošje grijanog dijela zgrade	A	[m <sup>2</sup> ]	422,00
Obujam grijanog dijela zgrade	V <sub>e</sub>	[m <sup>3</sup> ]	554,40
Obujam grijanog zraka	V	[m <sup>3</sup> ]	421,34
Faktor oblika zgrade	f <sub>o</sub>	[m <sup>-1</sup> ]	0,76
Korisna površina	A <sub>k</sub>	[m <sup>2</sup> ]	158,73
Ukupna ploština pročelja	A <sub>w,uk</sub>	[m <sup>2</sup> ]	224,00
Ukupna ploština prozora	A <sub>w</sub>	[m <sup>2</sup> ]	19,77

*Izvor: autor*

Na slici 12. prikazan je tlocrt prizemlja. Ulazni prostor postavljen je na istočnoj strani građevine. Obiteljska kuća je projektirana tako da je u mogućnosti podijeliti se u dvije toplinske zone pomoću središnjeg zida. Time bi se južni dio kuće grijao normalno, dok bi se u sjevernom zbog prostorija u kojima se provodi manje boravnog vremena smanjila temperatura. Tijekom dana sjeverna strana dodatno bi se grijala pomoću uređaja.

Slika 13. prikazuje tlocrt kata također s prostorijama sa sjeverne strane koje se tijekom dana manje koriste, kao što su spremište, kupaonica, gospodarska prostorija, hodnik i garderoba.

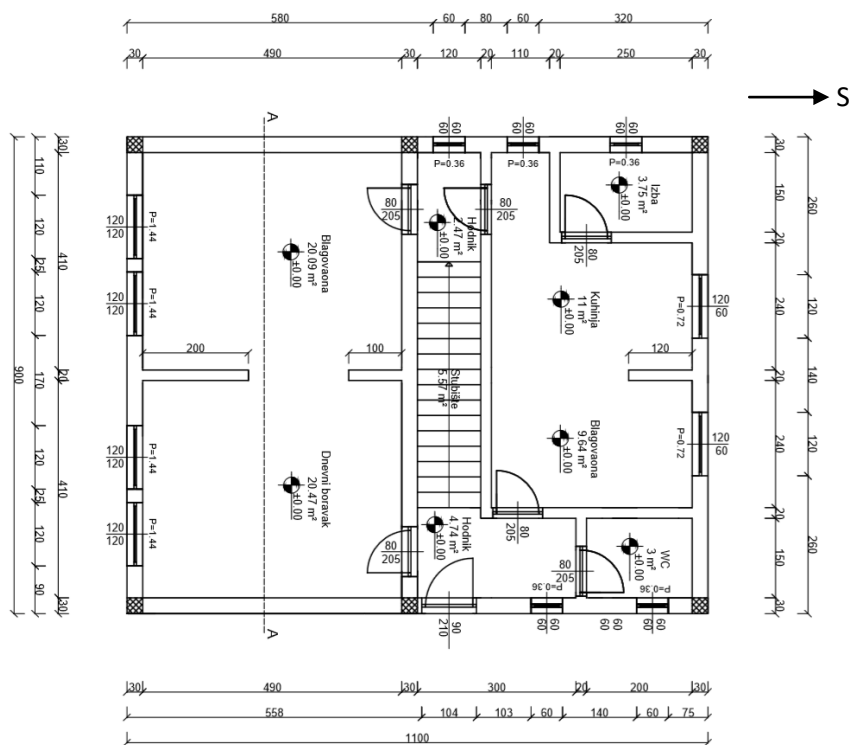
Slika 14. prikazuje presjek A-A obiteljske kuće. Krovšte je dvostrešno sa nagibom od 20° ispod kojeg se nalazi provjetravani tavan.

Sjeverni dio pročelja kuće vidljiv je na slici 15. Minimaliziran je broj i veličina otvora za što manje toplinske gubitke. Prostorije kao izba i spremište smješteni su uz sjevernu stranu da bi se iskoristila hladnoća.

Istočna strana prikazana je na slici 16. s ulaznim prostorom. Rano istočno svjetlo zahvaća pet prostorija i hodnik sa sveukupno sedam prozora i vratnih ostakljenja da bi se iskoristilo rano osvjetljenje. Veličina prozora istočne strane je minimalizirana, s izuzetkom prozora dječje spavaće sobe.

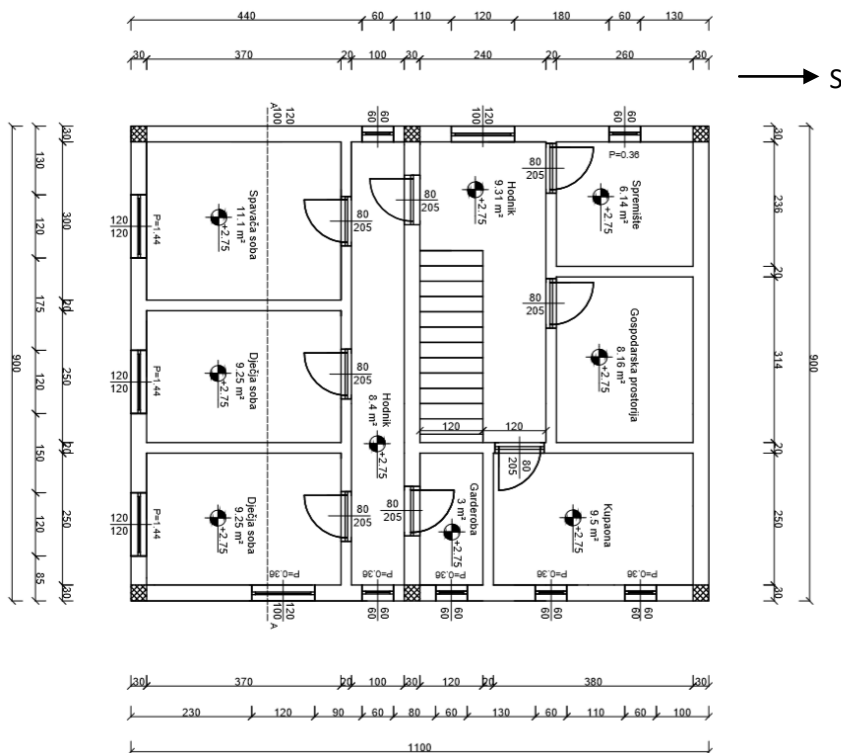
Na slici 17. prikazano je zapadno pročelje kuće. Zbog štednje energije i uglavnom malo svjetla sa zapadne strane tijekom prijepodnevnih sati veličina prozora je smanjena, osim prozora na katu zbog većeg hodnika za povećanje osvjetljenja.

Južno pročelje kuće prikazano je na slici 18. Sadrži sedam prozora koji prirodno osvjetljuju dnevni boravak, blagovaonicu i tri spavaće sobe. Prozori sa južne strane zimi, osim osvjetljenja, osiguravaju toplinske dobitke, dok su ljeti osjenjeni listopadnim drvećem da ne bi došlo do neželjenog pregrijavanja prostorija.



Slika 13. Tlocrt prizemlja

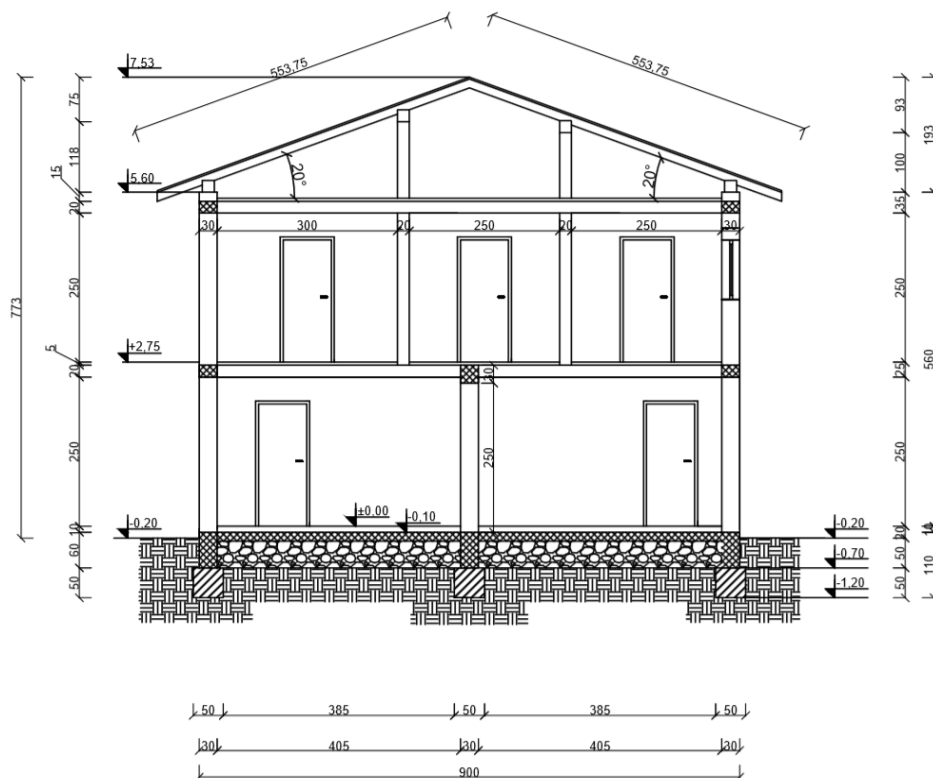
Izvor: autor



Slika 14. Tlocrt kata

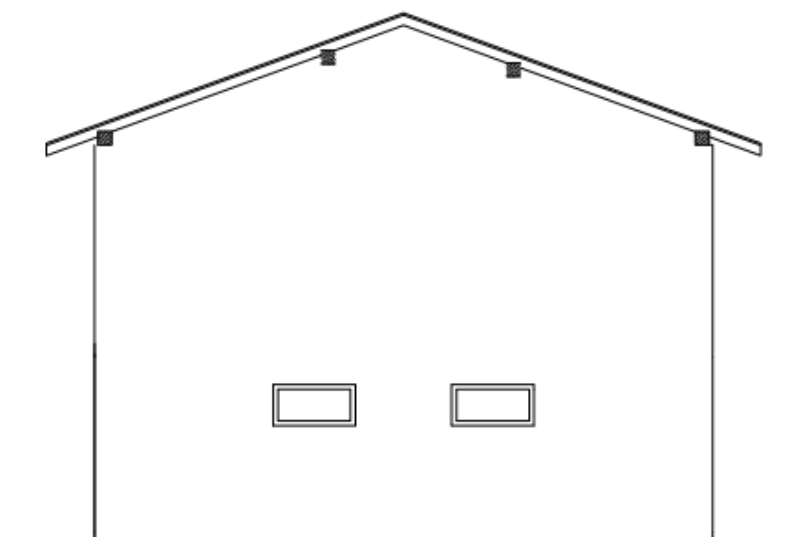
Izvor: autor





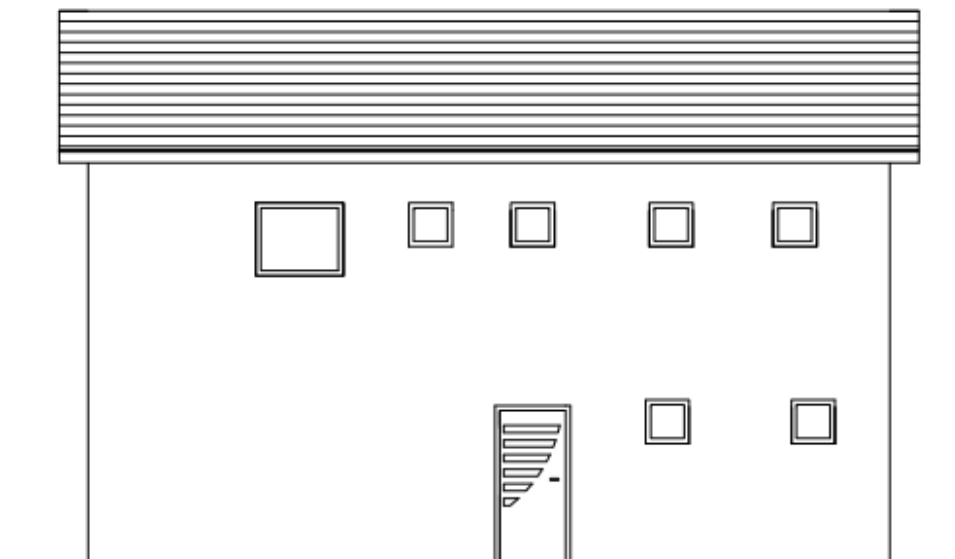
Slika 15. Presjek A-A

Izvor: autor



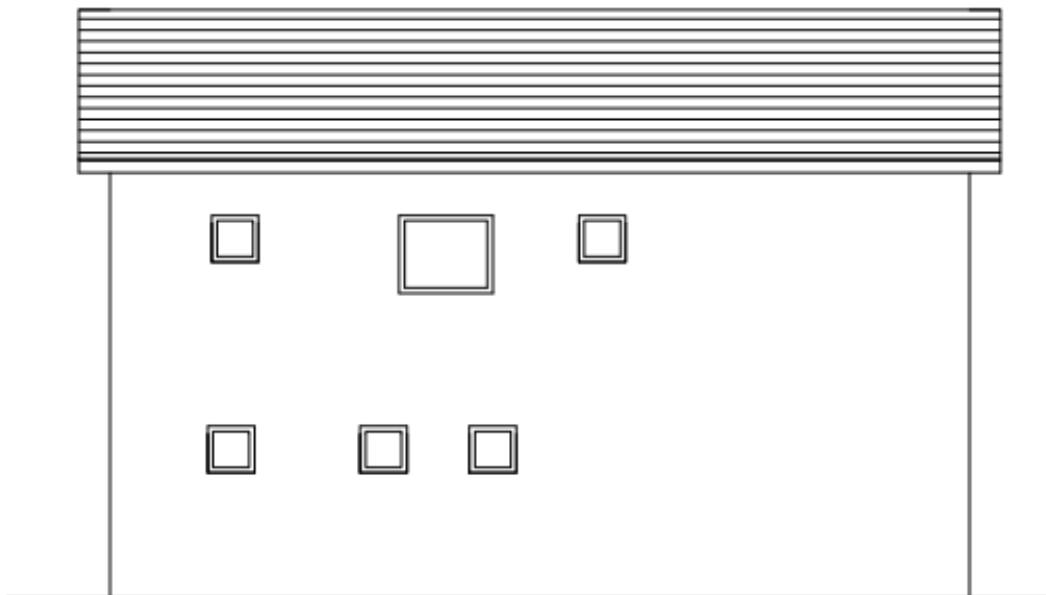
Slika 16. Sjeverno pročelje

Izvor: autor



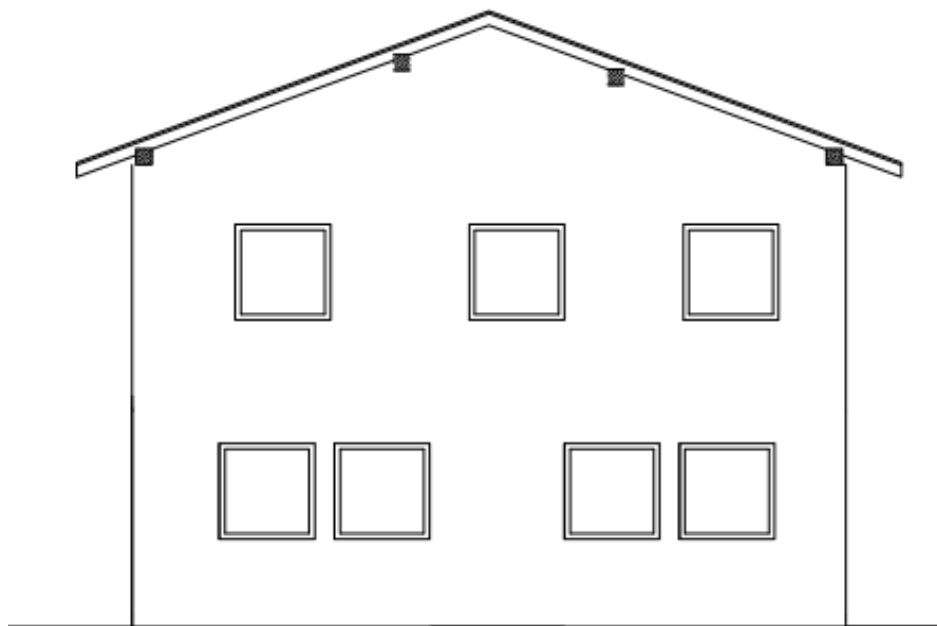
**Slika 17.** Istočno pročelje

*Izvor: autor*



**Slika 18.** Zapadno pročelje

*Izvor: autor*

**Slika 19.** Južno pročelje*Izvor: autor*

Tablica 6. prikazuje neto površine prostorija u prizemlju s izračunatom ukupnom površinom. Udio preostalih nosivih i pregradnih zidova u prizemlju zauzima 18,27 m<sup>2</sup> prostora prema razlici ukupne površine prizemlja i neto površine prostorija prizemlja.

**Tablica 6.** Neto površine prostorija prizemlja

PRIZEMLJE		
Rbr.	VRSTA PROSTORIJE	POVRŠINA [m <sup>2</sup> ]
1.	Dnevni boravak	20,47
2.	Blagovaonica	20,09
3.	Hodnik	7,21
4.	Stubište	5,57
5.	WC	3,00
6.	Blagovaonica	9,64
7.	Kuhinja	11,00
8.	Izba	3,75
UKUPNO		80,73

*Izvor: autor*

Tablica 7. Prikazuje neto površine prostorija kata s izračunatom ukupnom površinom. Udio preostalih nosivih i pregradnih zidova kata zauzima 27,09 m<sup>2</sup> prostora prema razlici ukupne površine kata i neto površine prostorija kata.

**Tablica 7.** *Neto površine prostorija kata*

KAT		
Rbr.	VRSTA PROSTORIJE	POVRŠINA [m <sup>2</sup> ]
1.	Spavaća soba	11,10
2.	Dječja soba	9,25
3.	Dječja soba	9,25
4.	Hodnik	17,71
5.	Garderoba	3,00
6.	Kupaonica	9,50
7.	Gosp. prostorija	8,16
8.	Spremište	6,14
UKUPNO		74,11

*Izvor: autor*

U tablici 8. prikazane su pojedinačne dimenzije bruto pročelja s izračunatom ukupnom površinom vanjske ovojnice, površine vanjskih otvora i površine pročelja bez otvora.

**Tablica 8.** *Izračun površina pročelja*

PROČELJE	DUŽINA [m]	VISINA [m]	POVRŠINA [m <sup>2</sup> ]
SJEVER	9,00	5,60	50,40
ISTOK	11,00	5,60	61,60
ZAPAD	11,00	5,60	61,60
JUG	9,00	5,60	50,40
UKUPNO			224,00
POVRŠINA OTVORA			19,77
POVRŠINA PROČELJA BEZ OTVORA			204,23

*Izvor: autor*

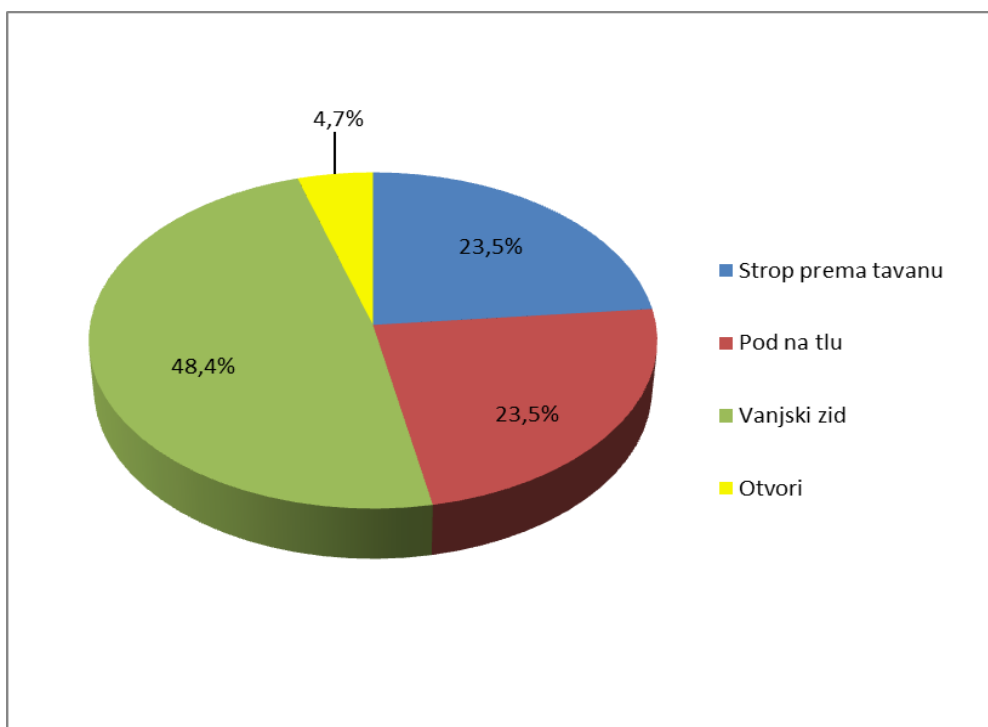
Tablicom 9. i grafikonom 1. prikazuje se udio građevinskih elemenata u odnosu na vanjsku ovojnicu.

Vanjski zidovi zauzimaju veliku površine zgrade, ali otpuštaju relativno malo topline u odnosu na prozore. Toplinski mostovi kod prozorskih krila sa staklenim površinama veće toplinske provodljivosti i dodatnim ventiliranjem gube veliku količinu topline u odnosu na svoju površinu. Strop prema tavanu važno je termoizolirati da ne bi došlo do transmisijskog gubitka topline kroz stropne površine i ulaska hladnoće kroz pod na tlu.

**Tablica 9.** *Udio građevinskih elemenata*

GRAĐEVINSKI ELEMENT	(m <sup>2</sup> )
Strop	99,00
Pod	99,00
Vanjski zid	204,23
Otvori	19,77

*Izvor: autor*



**Grafikon 1.** *Udio površine vanjske ovojnice*

*Izvor: autor*

Tablica 10. prikazuje površine koje zauzimaju otvori grijanog dijela zgrade prikazanog prema pročeljima. Ukupna površina svih prikazanih otvora na zgradi iznosi 19,77 m<sup>2</sup> kao što je prikazano u tablici 8.

**Tablica 10.** *Površina otvora prema pročeljima*

POVRŠINA OTVORA			
SJEVERNO PROČELJE			
R.br.	ŠIRINA [m]	VISINA [m]	POVRŠINA [m <sup>2</sup> ]
1.	1,20	0,60	0,72
2.	1,20	0,60	0,72
UKUPNO			1,44
ISTOČNO PROČELJE			
R.br.	ŠIRINA [m]	VISINA [m]	POVRŠINA [m <sup>2</sup> ]
1.	0,90	2,10	1,89
2.	1,20	1,00	1,20
3.	0,60	0,60	0,36
4.	0,60	0,60	0,36
5.	0,60	0,60	0,36
6.	0,60	0,60	0,36
7.	0,60	0,60	0,36
8.	0,60	0,60	0,36
UKUPNO			5,25
ZAPADNO PROČELJE			
R.br.	ŠIRINA [m]	VISINA [m]	POVRŠINA [m <sup>2</sup> ]
1.	1,20	1,00	1,2
2.	0,60	0,60	0,36
3.	0,60	0,60	0,36
4.	0,60	0,60	0,36
5.	0,60	0,60	0,36
6.	0,60	0,60	0,36
UKUPNO			3,00
JUŽNO PROČELJE			
R.br.	ŠIRINA [m]	VISINA [m]	POVRŠINA [m <sup>2</sup> ]
1.	1,20	1,20	1,44
2.	1,20	1,20	1,44
3.	1,20	1,20	1,44
4.	1,20	1,20	1,44
5.	1,20	1,20	1,44
6.	1,20	1,20	1,44
7.	1,20	1,20	1,44
UKUPNO			10,08

*Izvor: autor*

Slojevi građevinskih elemenata obiteljske kuće prikazani su u tablicama 11., 12. i 13. Za određeni materijal prikazana su svojstva kao debljina ( $d$ ) sa zadanom toplinskom provodljivosti tog materijala ( $\lambda$ ) i vrijednost otpora difuziji vodene pare ( $s_d$ ). Navedeni građevinski elementi ne zadovoljavaju propise koeficijenta prolaska topline ( $U$ ) zbog nedostatka izolacije.

**Tablica 11.** Slojevi zida vanjske ovojnice

VANJSKI ZID					
MATERIJAL	$d$ [cm]	$\lambda$ [W/mK]	$\mu$ [ - ]	$s_d$ [m]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]
Vapneno-cementna žbuka	2,00	1,000	20	0,40	1800
Šuplji blok od gline	30,00	0,390	5	1,50	800
Silikatna žbuka	0,40	0,900	60	0,24	1800

Izvor: autor

**Tablica 12.** Slojevi poda na tlu

POD NA TLU					
MATERIJAL	$d$ [cm]	$\lambda$ [W/mK]	$\mu$ [ - ]	$s_d$ [m]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]
Drvo - tvrdo - bjelogorica	2,400	0,180	200	0,133	700
Cementni estrih	5,000	1,600	50	0,031	2000
Polietilen / politen, velika gustoća	0,015	0,500	100000	0,010	980
Ekspandirani polistiren (EPS)	8,000	0,037	60	2,162	21
Bitumenska traka s uloškom od Al folije	0,500	160,000	3000000	0,010	1600
Armirani beton	12,000	2,600	110	0,046	2500

Izvor: autor

**Tablica 13.** *Slojevi stropa prema tavanu*

STROP PREMA PROVJETRENOM TAVANU					
MATERIJAL	d [cm]	$\lambda$ [W/mK]	$\mu$ [ - ]	sd [m]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]
Vapneno-cementna žbuka	2,000	1,000	20,00	0,020	1800
Šuplji blokovi od gline	16,000	0,480	10,00	0,333	1100
Armirani beton	4,000	2,600	110,00	0,015	2500
Polietilenska folija	0,015	0,500	334000,00	0,010	980
Cementni estrih	5,000	1,600	50,00	0,031	2000

*Izvor: autor*

Postojeće stanje zgrade ne zadovoljava uvjete koeficijenta prolaska topline prikazanih u tablici 14. iz programa KI Expert. Na projektu predmetne zgrade potrebna je obnova vanjske ovojnice da bi zadovoljavala propisane koeficijente prolaska topline.

**Tablica 14.** *Toplinsko-izolacijska učinkovitost građevinskih dijelova prije obnove*

NAZIV GRAĐEVINSKOG DIJELA	A [m <sup>2</sup> ]	U [W/m <sup>2</sup> K]	U <sub>max</sub> [W/m <sup>2</sup> K]	Stanje
Vanjski zid	204,71	1,03	0,30	Ne zadovoljava
Pod na tlu	99,00	0,39	0,40	Zadovoljava
Strop prema negrijanom tavanu	99,00	1,64	0,25	Ne zadovoljava

*Izvor: autor*



Da bi obiteljska kuća zadovoljavala koeficijente prolaska topline, dodana je izolacija na građevinske elemente vanjskog zida i stropa prema tavanu. Na vanjski zid stavljena je Knauf insulation ploča za kontaktne fasade, FKD-S Thermal (prikazano u tablici 15.), debljine 10–30 cm s toplinskom provodljivošću od 0,035 W/mK. Tablica 16. prikazuje strop prema tavanu izoliran mineralnom vunom debljine 10–30 cm s provodljivošću od 0,037 W/mK.

**Tablica 15.** Slojevi zida vanjske ovojnice

VANJSKI ZID					
MATERIJAL	d [cm]	$\lambda$ [W/mK]	$\mu$ [ - ]	sd [m]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]
Vapneno-cementna žbuka	2	1	20	0,4	1800
Šuplji blok od gline	30	0,39	5	1,5	800
Knauf Insulation ploča za kontaktne fasade FKD-S Thermal	10-30	0,035	1,1	0,18	100
Silikatna žbuka	0,4	0,9	60	0,24	1800

Izvor: autor

**Tablica 16.** Slojevi stropa prema tavanu

STROP PREMA PROVJETRENOM TAVANU					
MATERIJAL	d [cm]	$\lambda$ [W/mK]	$\mu$ [ - ]	sd [m]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]
Vapneno-cementna žbuka	2	1	20	0,02	1800
Šuplji blokovi od gline	16	0,48	10	0,333	1100
Armirani beton	4	2,6	110	0,015	2500
Mineralna vuna (MW)	10-30	0,037	1,2	4,324	200
Polietilenska folija	0,015	0,5	334000	0,01	980
Cementni estrih	5	1,6	50	0,031	2000

Izvor: autor

U tablici 17. prikazani su koeficijenti prolaska topline dodavanjem Knauf insulation ploča za kontaktne fasade FKD-S Thermal na vanjski zid debljine 10-30 cm, te je prikazano grafikonom 2. Tablica 18. prikazuje koeficijent prolaska topline stropa prema tavanu izoliranim mineralnom vunom debljine 10–30 cm, prikazano grafikonom 3.

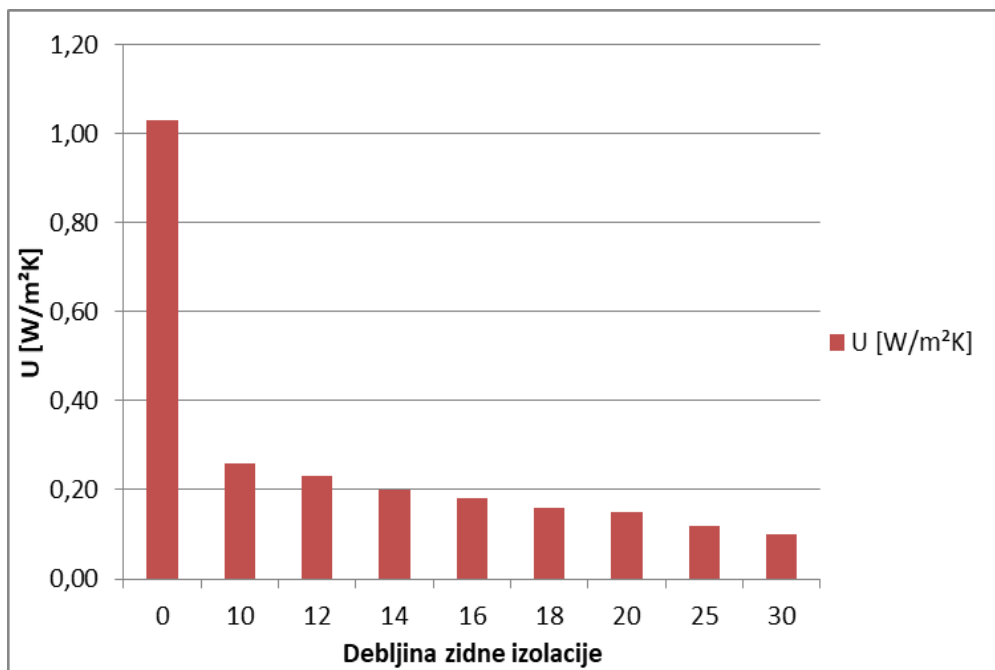
**Tablica 17.** *Koeficijent prolaska topline vanjskog zida*

VANJSKI ZID	
DEBLJINA [cm]	U [W/m <sup>2</sup> K]
0	1,03
10	0,26
12	0,23
14	0,20
16	0,18
18	0,16
20	0,15
25	0,12
30	0,10

**Tablica 18.** *Koeficijent prolaska topline tavana*

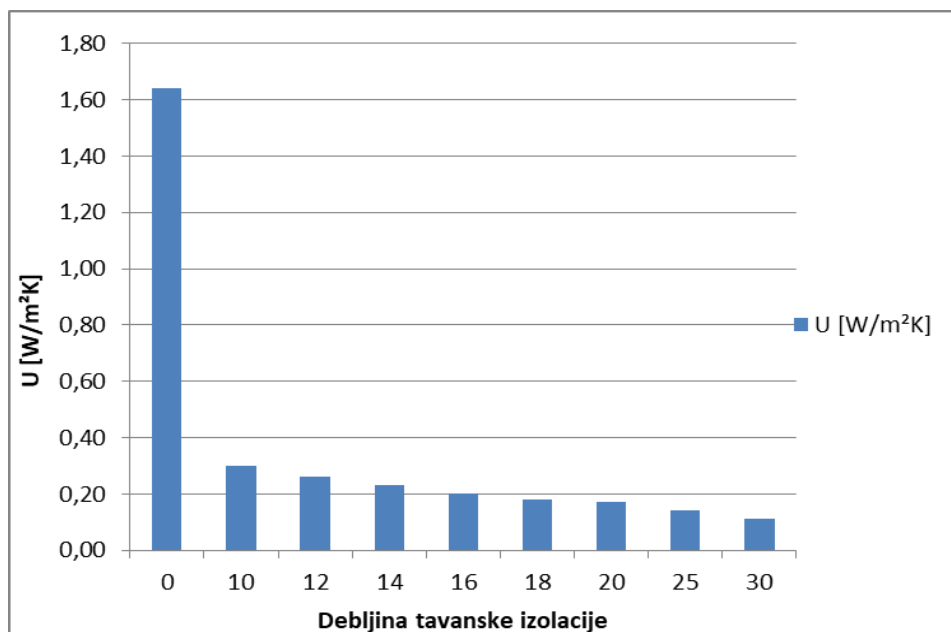
TAVAN	
DEBLJINA [cm]	U [W/m <sup>2</sup> K]
0	1,64
10	0,30
12	0,26
14	0,23
16	0,20
18	0,18
20	0,17
25	0,14
30	0,11

Izvor: autor



**Grafikon 2.** *Koeficijent prolaska topline vanjskog zida*

Izvor: autor



**Grafikon 3.** Koeficijent prolaska topline tavana

*Izvor: autor*

U tablici 19. prikazano je stanje projektne predmetne zgrade nakon obnove prema podacima iz tablica 17. i 18. Na vanjski zid i strop prema negrijanom tavanu dodana je izolacija debljine 10-30 cm prikazano u tablicama 15. i 16. jer nisu zadovoljavali koeficijent prolaska topline prikazano tablicom 14. Koeficijent prolaska topline na vanjskom zidu s izolacijom od 10 cm iznosi 0,26 W/m²K dok s debljinom od 30 cm iznosi 0,10 W/m²K. Koeficijent prolaska topline na stropu prema negrijanom tavanu s izolacijom od 10 cm iznosi 0,30 W/m²K dok s debljinom od 30 cm iznosi 0,11 W/m²K. Iako se dodavanjem izolacije smanjio koeficijent prolaska topline, strop prema negrijanom tavanu s izolacijom debljine od 10 i 12 cm ne ispunjava zahtjev  $U_{\max}$  od 0,25 W/m²K za ravne i kose krovove te stropove prema provjetrenom tavanu. Tek s 14 cm debljine zadovoljava  $U_{\max}$  s koeficijentom prolaska topline od 0,23 W/m²K.

**Tablica 19.** Toplinsko-izolacijska učinkovitost građevinskih dijelova nakon obnove

NAZIV GRAĐEVINSKOG DIJELA	A [m²]	U [W/m²K]	$U_{\max}$ [W/m²K]	Stanje
Vanjski zid	204,71	0,26-0,10	0,30	Zadovoljava
Pod na tlu	99,00	0,39	0,40	Zadovoljava
Strop prema negrijanom tavanu	99,00	0,30-0,11	0,25	Zadovoljava

*Izvor: autor*

## 5. ANALIZA TROŠKOVA TOPLINSKE ENERGIJE ZA GRIJANJE

Analizom troškova toplinske energije prikazuje se energetska učinkovitost obiteljske kuće s mogućim smanjenjem troškova energije i emisije CO<sub>2</sub> postavljanjem sloja toplinske izolacije na elementima vanjske ovojnice.

U tehničkom opisu u točki 4. opisana je zgrada bez toplinske izolacije vanjske ovojnice te je za tu zgradu u tablici 20. prikazana velika specifična godišnja potreba toplinske energije od 212 kWh/(m<sup>2</sup>a). Zgrada s tom razinom energetske potrebe svrstava se u energetske razred F. Kao primjer mogućeg smanjenja potrošnje energije, prikazane su energetske potrebe zgrade prema debljinama postavljene izolacije na vanjski zid i pod tavana. Obiteljska kuća ne sadrži podrumski prostor, kao što je prikazano iz presjeka na slici 14., a toplinsko izoliranje poda na tlu ekonomski nije isplativo. Boje polja u tablici označavaju razred energetske učinkovitosti prema postavljenoj debljini izolacije zgrade, od energetskog razreda F do B. Tablica 21. prikazuje energetske potrebe obiteljske kuće za stvarne klimatske podatke prema različitim debljinama tavana i zidne izolacije vanjskog zida, a tablica 24. prikazuje pripadajuće troškove toplinske energije. Umanjenje energetske potrebe nakon obnove prikazano je u tablici 22., s postotkom smanjenja prikazanim u tablici 23., odnosno u tablici 25. prema smanjenju troškova.

**Tablica 20.** Godišnja specifična toplinska energija u kWh/(m<sup>2</sup>a)

ELEMENT		DEBLJINA IZOLACIJE TAVANA (cm)								
DEBLJINA IZOLACIJE VANJSKOG ZIDA (cm)	DEBLJINA(cm)	0	10	12	14	16	18	20	25	30
	0	212	145	143	142	141	140	139	137	136
	10	133	68	66	65	64	63	62	61	60
	12	129	65	63	62	60	59	59	57	56
	14	127	62	60	59	58	57	56	55	54
	16	124	60	58	57	56	55	54	53	52
	18	123	59	57	55	54	53	53	51	50
	20	121	57	56	54	53	52	51	50	49
	25	119	55	53	51	50	49	49	47	46
	30	117	53	51	50	48	48	47	45	44

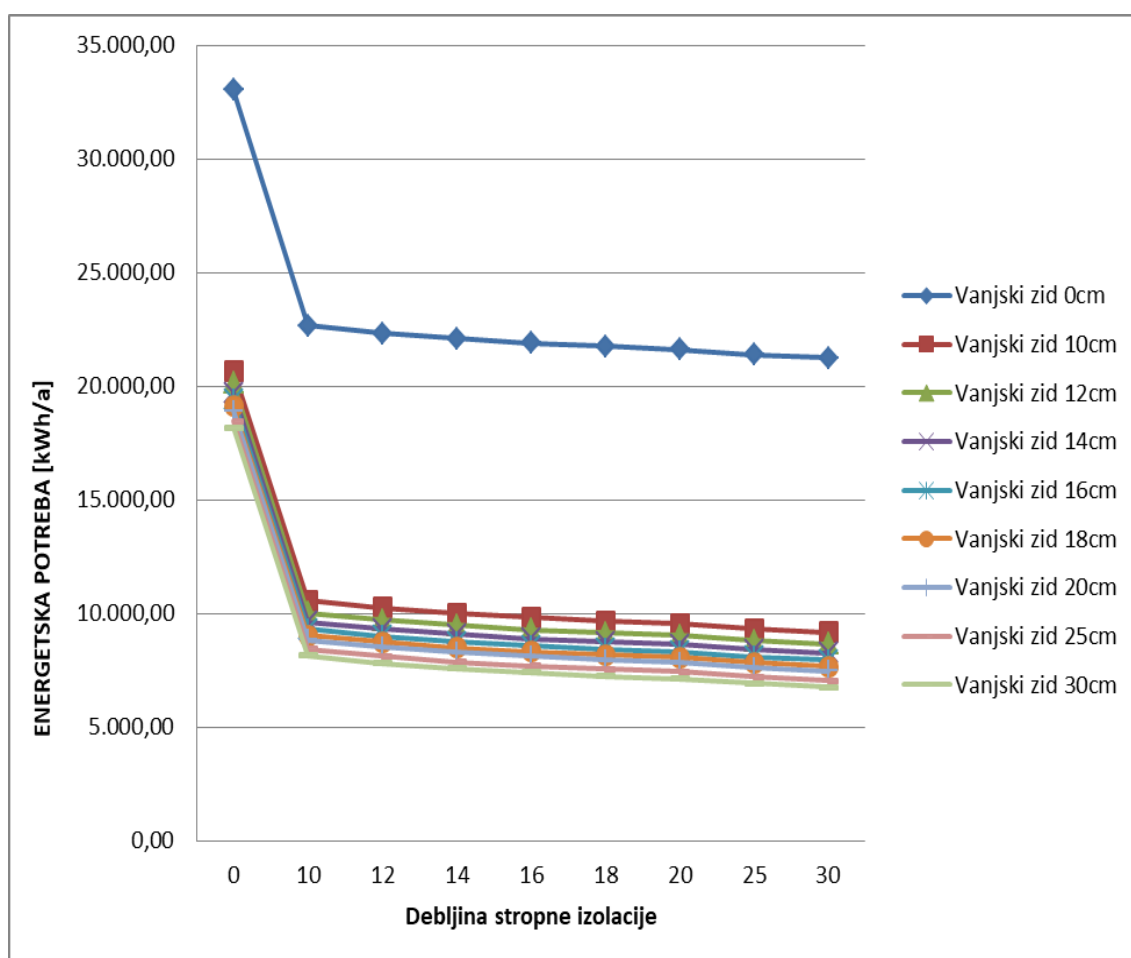
Izvor: autor

**Tablica 21.** Energetske potrebe obiteljske kuće u kWh/a

DEBLJINA IZOLACIJE VANJSKOG ZIDA (cm)									
30	DEBLJINA IZOLACIJE VANJSKOG ZIDA (cm)								ELEMENT
	25	20	18	16	14	12	10	0	DEBLJINA
18.169,05	18.468,10	18.900,50	19.124,21	19.393,36	19.723,67	20.138,99	20.688,40	33.022,64	0
8.134,38	8.420,09	8.826,49	9.041,47	9.302,43	9.622,81	10.025,99	10.556,63	22.670,86	10
7.817,75	8.113,36	8.515,95	8.731,70	8.991,37	9.310,24	9.711,67	10.239,73	22.334,74	12
7.581,69	7.872,94	8.284,90	8.498,05	8.756,65	9.074,29	9.476,52	10.000,20	22.091,00	14
7.404,05	7.694,08	8.105,31	8.317,03	8.574,85	8.891,60	9.293,76	9.814,95	21.900,71	16
7.252,16	7.542,59	7.960,42	8.172,49	8.429,70	8.745,75	9.145,94	9.667,10	21.748,02	18
7.137,28	7.424,97	7.833,04	8.053,08	8.300,97	8.625,08	9.025,43	9.547,96	21.622,79	20
6.913,96	7.199,55	7.604,80	7.825,47	8.087,99	8.404,76	8.800,90	9.321,37	21.390,16	25
6.759,43	7.052,39	7.454,47	7.674,25	7.938,18	8.251,74	8.646,92	9.166,04	21.229,68	30

Izvor: autor

Podaci energetske potrebe obiteljske kuće za sve varijante iz tablice 18. prikazani su grafički u grafikonu 2. Vidljiv je značajan pad energetske potrebe od 12.334,24 kWh/a dodavanjem samo 10 cm izolacije na vanjski zid obiteljske kuće. Postavljanjem 10 cm stropne izolacije na tavansku međukatnu konstrukciju smanjuje se potrošnja energije za 10.351,78 kWh/a. 10 cm zidne i stropne izolacije jedna je od učinkovitijih varijanti prema energetskej uštedi i financijskim ulaganju za obnovu, a dodatnim povećanjem debljine gubici se minimalno smanjuju.



**Grafikon 4.** Energetske potrebe proizašle povećanjem debljine izolacije

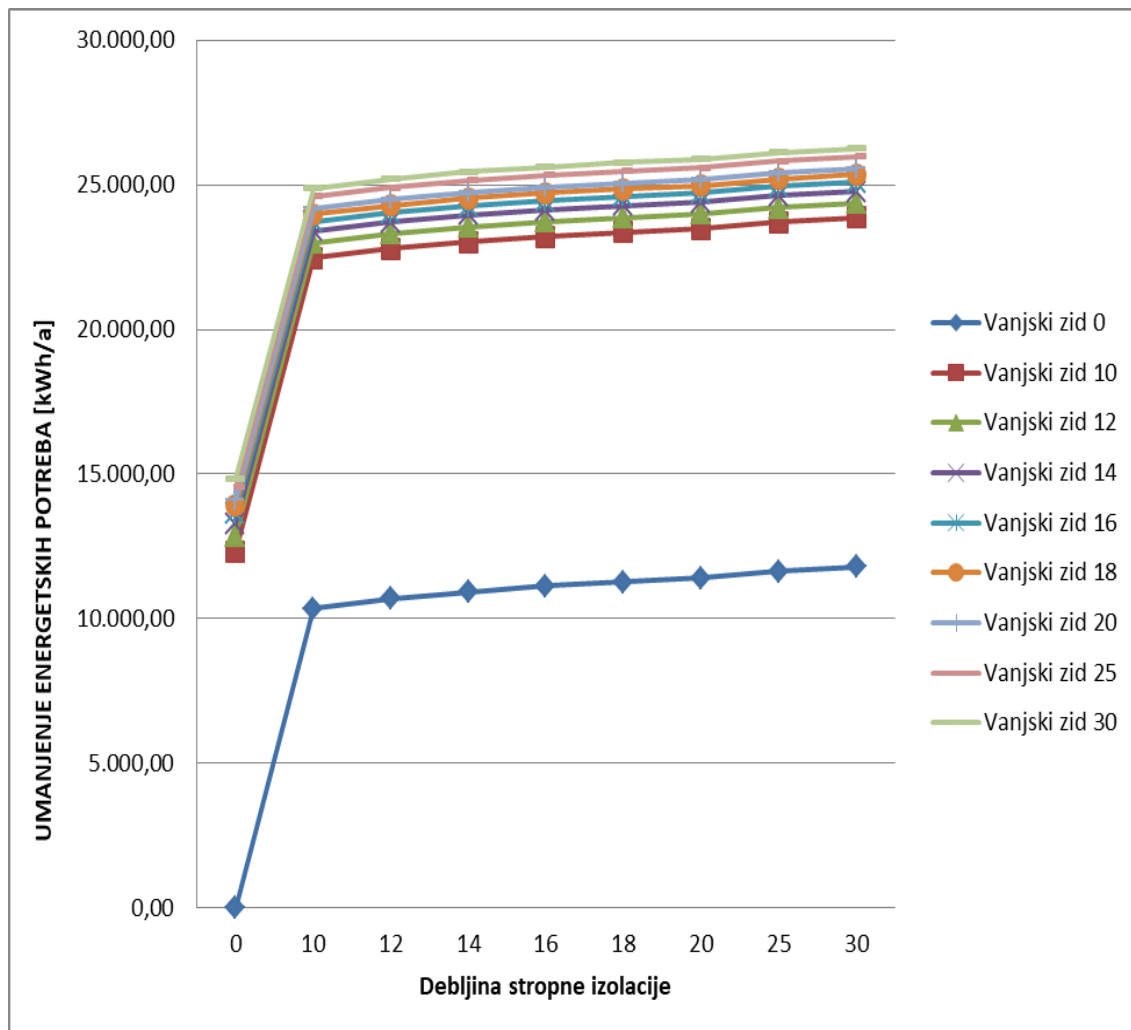
*Izvor: autor*

**Tablica 22.** Umanjenje energetskih potreba nakon obnove u kWh/a

ELEMENT		DEBLJINA IZOLACIJE TAVANA (cm)									
DEBLJINA IZOLACIJE VANJSKOG ZIDA (cm)											
	DEBLJINA	0	10	12	14	16	18	20	25	30	
14.853,59	0	0	12.334,24	12.883,65	13.298,97	13.629,28	13.898,43	14.122,14	14.554,54		
24.888,26	10	10.351,78	22.466,01	22.996,65	23.399,83	23.720,21	23.981,17	24.196,15	24.602,55		
25.204,89	12	10.687,90	22.782,91	23.310,97	23.712,40	24.031,27	24.290,94	24.506,69	24.909,28		
25.440,95	14	10.931,64	23.022,44	23.546,12	23.948,35	24.265,99	24.524,59	24.737,74	25.149,70		
25.618,59	16	11.121,93	23.207,69	23.728,88	24.131,04	24.447,79	24.705,61	24.917,33	25.328,56		
25.770,48	18	11.274,62	23.355,54	23.876,70	24.276,89	24.592,94	24.850,15	25.062,22	25.480,05		
25.885,36	20	11.399,85	23.474,68	23.997,21	24.397,56	24.721,67	24.969,56	25.189,60	25.597,67		
26.108,68	25	11.632,48	23.701,27	24.221,74	24.617,88	24.934,65	25.197,17	25.417,84	25.823,09		
26.263,21	30	11.792,96	23.856,60	24.375,72	24.770,90	25.084,46	25.348,39	25.568,17	25.970,25		

Izvor: autor

U grafikonu 3. prikazano je umanjeње energije povećanjem debljine izolacije prema podacima iz tablice 19. Umanjenje potrošnje toplinske energije kuće postavljanjem 10 cm stropne izolacije na tavansku međukatnu konstrukciju i vanjski zid iznosi 22.466,01 kWh/a, što je umanjeње od 68,03%, prikazano u tablici 20. u odnosu na početno stanje bez ikakve toplinske izolacije.



**Grafikon 5.** Umanjenje energetskih potreba nakon obnove u kWh/a

*Izvor: autor*



**Tablica 23.** Umanjenje energetskih potreba nakon obnove u %

DEBLJINA IZOLACIJE VANJSKOG ZIDA (cm)									
ELEMENT	DEBLJINA IZOLACIJE TAVANA (cm)								
	30	25	20	18	16	14	12	10	0
DEBLJINA									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	16	16	16	16	16	16	16	16	16
	18	18	18	18	18	18	18	18	18
	20	20	20	20	20	20	20	20	20
	25	25	25	25	25	25	25	25	25
	30	30	30	30	30	30	30	30	30

Izvor: autor

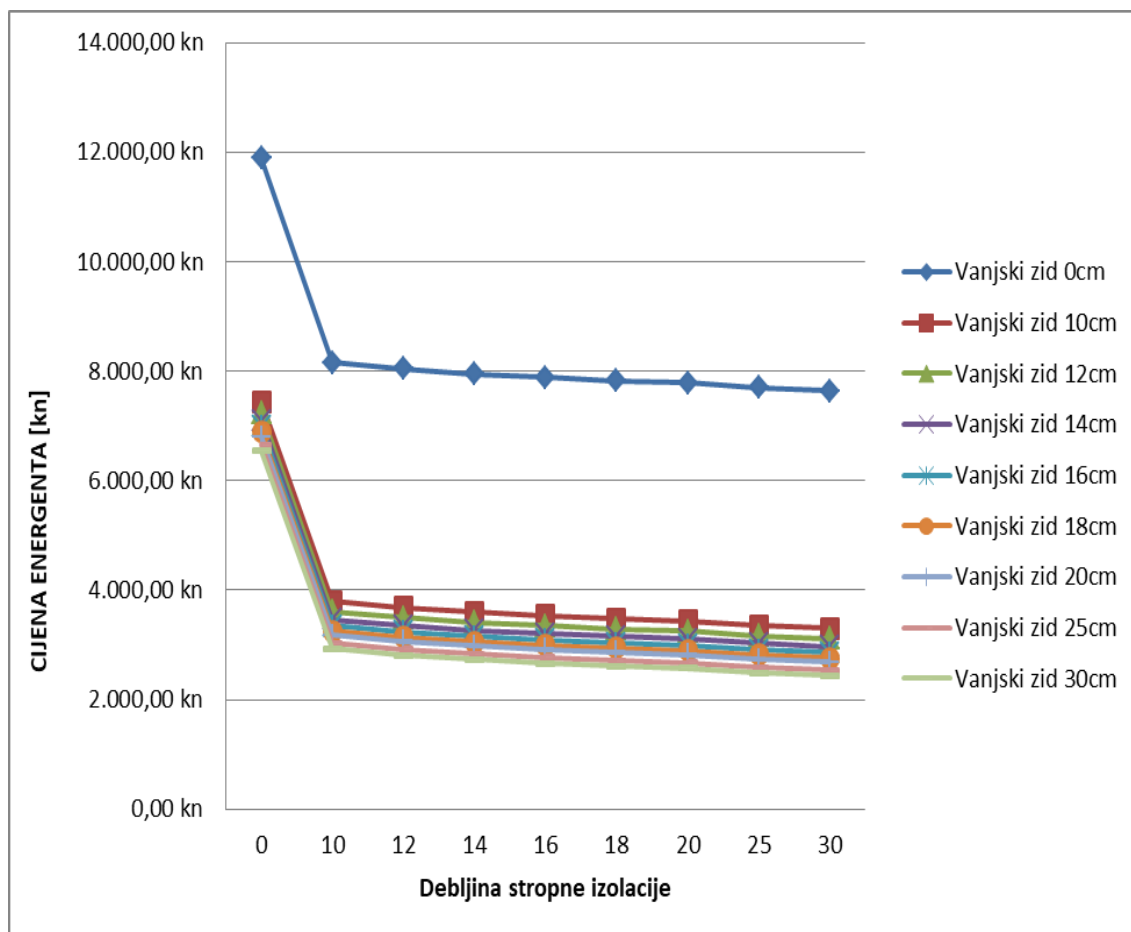
**Tablica 24.** Godišnji troškovi toplinske energije za grijanje u kunama

DEBLJINA IZOLACIJE VANJSKOG ZIDA (cm)										
ELEMENT	DEBLJINA IZOLACIJE TAVANA (cm)									
	30	25	20	18	16	14	12	10	0	DEBLJINA
	6.540,86	6.648,52	6.804,18	6.884,72	6.981,61	7.100,52	7.250,04	7.447,82	11.888,15	0
	2.928,38	3.031,23	3.177,54	3.254,93	3.348,87	3.464,21	3.609,36	3.800,39	8.161,51	10
	2.814,39	2.920,81	3.065,74	3.143,41	3.236,89	3.351,69	3.496,20	3.686,30	8.040,51	12
	2.729,41	2.834,26	2.982,56	3.059,30	3.152,39	3.266,74	3.411,55	3.600,07	7.952,76	14
	2.665,46	2.769,87	2.917,91	2.994,13	3.086,95	3.200,98	3.345,75	3.533,38	7.884,26	16
	2.610,78	2.715,33	2.865,75	2.942,10	3.034,69	3.148,47	3.292,54	3.480,16	7.829,29	18
	2.569,42	2.672,99	2.819,89	2.899,11	2.991,50	3.105,03	3.249,15	3.437,27	7.784,20	20
	2.489,03	2.591,84	2.737,73	2.817,17	2.911,68	3.025,71	3.168,32	3.355,69	7.700,46	25
	2.433,39	2.538,86	2.683,61	2.762,73	2.857,74	2.970,63	3.112,89	3.299,77	7.642,68	30

Izvor: autor

Podaci o troškovima za grijanje obiteljske kuće iz tablice 19. prikazani su grafički u grafikonu 3. Postavljanjem tavanske izolacije smanjuju se troškovi za 3.726,64 kn, a samo sa zidnom izolacijom za 4.440,33 kn. Stropnom i zidnom izolacijom debljine 10 cm godišnje se uštedi 8.087,76 kn. Izolacijom debljine 16 cm smanjuju se troškovi za 8.801,20 kn. Povećanjem debljine izolacije s 10 cm na 16 cm štedi se 713,44 kn godišnje. Daljnjim povećanjem debljine izolacije ne dolazi do značajnijih financijskih ušteda.

Kao energent koristi se prirodni plin lokalnog distributera MEĐIMURJE PLIN d.o.o. Čakovec, s jediničnom cijenom opskrbe 0,36 kn/kWh prema podacima preuzetima na službenoj stranici.



**Grafikon 6.** Godišnji troškovi toplinske energije za grijanje

*Izvor: autor*

**Tablica 25.** Umanjenje godišnjih troškova toplinske energije za grijanje u kunama

DEBLJINA IZOLACIJE VANJSKOG ZIDA (cm)										
ELEMENT		DEBLJINA IZOLACIJE TAVANA (cm)								
	DEBLJINA	0	10	12	14	16	18	20	25	30
5.347,29	0	0	4.440,33	4.638,11	4.787,63	4.906,54	5.003,43	5.083,97	5.239,63	
8.959,77	10	3.726,64	8.087,76	8.278,79	8.423,94	8.539,28	8.633,22	8.710,61	8.856,92	
9.073,76	12	3.847,64	8.201,85	8.391,95	8.536,46	8.651,26	8.744,74	8.822,41	8.967,34	
9.158,74	14	3.935,39	8.288,08	8.476,60	8.621,41	8.735,76	8.828,85	8.905,59	9.053,89	
9.222,69	16	4.003,89	8.354,77	8.542,40	8.687,17	8.801,20	8.894,02	8.970,24	9.118,28	
9.277,37	18	4.058,86	8.407,99	8.595,61	8.739,68	8.853,46	8.946,05	9.022,40	9.172,82	
9.318,73	20	4.103,95	8.450,88	8.639,00	8.783,12	8.899,80	8.989,04	9.068,26	9.215,16	
9.399,12	25	4.187,69	8.532,46	8.719,83	8.862,44	8.976,47	9.070,98	9.150,42	9.296,31	
9.454,76	30	4.245,47	8.588,38	8.775,26	8.917,52	9.030,41	9.125,42	9.204,54	9.349,29	

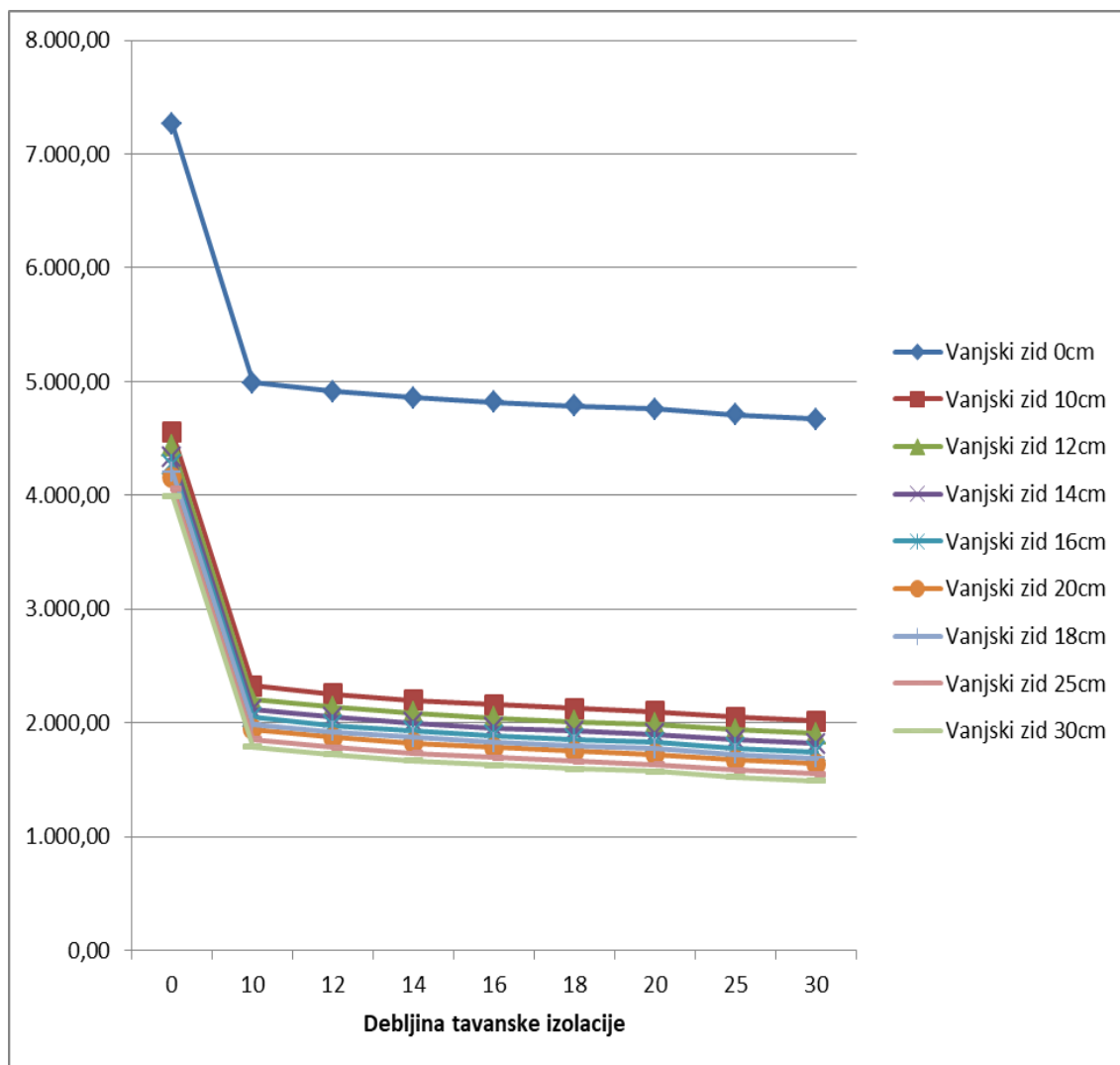
*Izvor: autor*

Tablica 23. prikazuje emisiju CO<sub>2</sub> obiteljske kuće prema različitim debljinama toplinske izolacije vanjskog zida i tavana.

ELEMENT		DEBLJINA IZOLACIJE TAVANA (cm)										
DEBLJINA IZOLACIJE VANJSKOG ZIDA (cm)	DEBLJINA	0	10	12	14	16	18	20	25	30		
	0	7.264,98	4.551,45	4.430,58	4.339,21	4.266,54	4.207,33	4.158,11	4.062,98	3.997,19		
	10	4.987,59	2.322,46	2.205,72	2.117,02	2.046,53	1.989,12	1.941,83	1.852,42	1.789,56		
	12	4.913,64	2.252,74	2.136,57	2.048,25	1.978,10	1.920,97	1.873,51	1.784,94	1.719,91		
	14	4.860,02	2.200,04	2.084,83	1.996,34	1.926,46	1.869,57	1.822,68	1.732,05	1.667,97		
	16	4.818,16	2.159,29	2.044,63	1.956,15	1.886,47	1.829,75	1.783,17	1.692,70	1.628,89		
	18	4.784,56	2.126,76	2.012,11	1.924,07	1.854,53	1.797,95	1.751,29	1.659,37	1.595,48		
	20	4.757,01	2.100,55	1.985,59	1.897,52	1.828,14	1.771,68	1.723,27	1.633,49	1.570,20		
	25	4.705,84	2.050,70	1.936,20	1.849,05	1.779,36	1.721,60	1.673,06	1.583,90	1.521,07		
	30	4.670,53	2.016,53	1.902,32	1.815,38	1.746,40	1.688,34	1.639,98	1.551,53	1.487,07		

Izvor: autor

Grafikonom 4. prikazana je emisija CO<sub>2</sub> obiteljske kuće s različitim debljinama toplinske izolacije vanjskog zida i stropa prema tavanu. Razlika emisije CO<sub>2</sub> zgrade bez izolacije i one s izolacijom od 10 cm iznosi 4.942,52 kg godišnje.



**Grafikon 7.** Emisija CO<sub>2</sub> obiteljske kuće

*Izvor: autor*

## 6. ZAKLJUČAK

U završnom radu je prikazana detaljna analiza toplinskih potreba obiteljske kuće bez toplinske izolacije u odnosu na varijante s povećanjem debljine izolacije vanjskih zidova i stropa prema negrijanom tavanu, u svim primjerima od 10 do 30 cm. Dodatno su, osim smanjenja godišnje toplinske energije potrebne za grijanje, prikazane i financijske uštede, odnosno smanjenje troškova energije prema različitim varijantama debljina izolacije vanjskih zidova i stropa prema negrijanom tavanu.

Kod zgrada bez projektom predložene vanjske ovojnice dolazi do velikih energetske gubitaka, koji time dovode do velikih troškova i zagađenja okoliša emisijom CO<sub>2</sub>. U analizi je prikazano kako postavljanjem izolacije već od 10 cm dolazi do velikog smanjenja energetske gubitaka, i to gotovo za dvije trećine. Dodatnim povećanjem debljine izolacije ne dolazi do toliko značajnoga smanjenja gubitka energije i emisije CO<sub>2</sub>. Može se konstatirati da izolacija od 10 cm daje vrlo učinkovite rezultate, ali se povećanjem debljine dodatno smanjuju godišnji energetski i financijski gubici.

Izoliranjem zgrade, osim što se smanjuju troškovi grijanja, rasterećuje se i okoliš, što je i jedan od pokretača europskih mjera za energetske obnovu i certificiranje zgrada. Emisija CO<sub>2</sub> u atmosferu za zgradu s izolacijom od 10 cm smanjena je za više od 2/3, negoli je slučaj kod zgrade bez toplinske izolacije. Što se tiče smanjenja zagađenja okoliša, bolja je što veća debljina izolacije.

Energetska obnova zgrade isplativa je s bilo kojom odabranom debljinom izolacije. Osim što dolazi do smanjenja gubitaka energije u hladnim godišnjim razdobljima, dolazi i do smanjenja prevelikih dobitaka, tj. ljetnog pregrijavanja. Pozitivne promjene u izoliranoj obiteljskoj kući primijete se, ne samo na financijskom planu, već i na internoj klimi i ugodnom boravku tijekom cijele godine.

Do dodatnog povećanja smanjenja energetske potreba može se doći promjenom izolacijskih materijala s manjom toplinskom vodljivošću, kao i uporabom jeftinijeg energenta.

## 7. LITERATURA

- [1] [http://www.fzoeu.hr/hr/energetska\\_ucinkovitost/enu\\_u\\_zgradarstvu/energetska\\_obnova\\_obiteljskih\\_kuca/](http://www.fzoeu.hr/hr/energetska_ucinkovitost/enu_u_zgradarstvu/energetska_obnova_obiteljskih_kuca/) (preuzeto: 24.01.2018.)
- [2] <http://www.energetski-certifikat-zagreb.com/index.php/component/k2/energetska-ucinkovitost-u-europi> (preuzeto: 24.01.2018.)
- [3] <http://www.eihp.hr/wp-content/uploads/2016/12/Energija2015.pdf> (preuzeto: 03.02.2018.)
- [4] Zakon o gradnji („Narodne novine“ broj 153/13. i 20/17.)
- [5] Pravilnika o energetske pregledima zgrada i energetskom certificiranju, Narodne novine 88/17
- [6] <http://www.zelenaenergija.org/clanak/toplinska-ovojnica-zgrade-i-energetska-ucinkovitost/5819> (preuzeto: 24.01.2018.)
- [7] <http://www.zapadstan.hr/energetska-ucinkovitost.html#squelch-taas-accordion-shortcode-content-0> (preuzeto: 24.01.2018.)
- [8] <http://www.enu.fzoeu.hr/ee-savjeti/toplinska-zastita-objekta/toplinska-izolacija-krova-ili-stropa-prema-negrijanom-tavanu> (preuzeto: 01.02.2018.)
- [9] <https://burza.com.hr/portal/toplinska-izolacija-krova/9607> (preuzeto: 01.02.2018.)
- [10] [https://hr.wikipedia.org/wiki/Toplinska\\_izolacija\\_zgrada#Toplinska\\_izolacija\\_poda](https://hr.wikipedia.org/wiki/Toplinska_izolacija_zgrada#Toplinska_izolacija_poda) (preuzeto: 03.02.2018.)
- [11] Zbašnik Senegačnik, M. (2009). Pasivna kuća. Zagreb, SUN ARH d.o.o
- [12] [http://www.zagreb-energyweek.info/assets/files/2014/prezentacije%20ponedjeljak/04%20-%20Ivona%20Lon\\_ar-Ivana%20Lovre\\_i\\_.pdf](http://www.zagreb-energyweek.info/assets/files/2014/prezentacije%20ponedjeljak/04%20-%20Ivona%20Lon_ar-Ivana%20Lovre_i_.pdf) (preuzeto: 03.02.2018.)
- [13] Andrassy, M., Balen, I., Boras, I., Dović, D., Hrs Borković, Ž., Lenić, K., Lončar, D., Pavković, B., Soldo, V., Sučić, B., Švaić, S. (2010). Priručnik za energetske certificiranje zgrada. Zagreb, Program Ujedinjenih naroda za razvoj



## Popis slika

<b>Slika 1.</b> Energetski razredi .....	9
<b>Slika 2.</b> Toplinski gubici zgrade.....	10
<b>Slika 3.</b> Prolazak topline kroz slojeve zida .....	11
<b>Slika 4.</b> Prikaz poda na tlu .....	13
<b>Slika 5.</b> Gubici kroz otvore .....	14
<b>Slika 6.</b> Termički prikaz ugla zgrade .....	15
<b>Slika 7.</b> Termički prikaz izoliranog ugla zgrade .....	15
<b>Slika 8.</b> Neprekinut toplinski plašt.....	17
<b>Slika 9.</b> Neprekinut toplinski plašt.....	17
<b>Slika 10.</b> Prirodni izolacijski materijali.....	18
<b>Slika 11.</b> Ovčja vuna kao otpad.....	19
<b>Slika 12.</b> Primjer kondenzacijskog bojlera.....	20
<b>Slika 13.</b> Tlocrt prizemlja .....	23
<b>Slika 14.</b> Tlocrt kata .....	23
<b>Slika 15.</b> Presjek A-A.....	24
<b>Slika 16.</b> Sjeverno pročelje .....	24
<b>Slika 17.</b> Istočno pročelje.....	25
<b>Slika 18.</b> Zapadno pročelje.....	25
<b>Slika 19.</b> Južno pročelje .....	26

## Popis tablica

<b>Tablica 1.</b> Neposredna potrošnja energije u općoj potrošnji .....	4
<b>Tablica 2.</b> Potrošnja energije u podsektorima opće potrošnje .....	5
<b>Tablica 3.</b> Podaci o izolacijskim materijalima.....	12
<b>Tablica 4.</b> Podaci o izolacijskim materijalima.....	18
<b>Tablica 5.</b> Geometrijski podaci zgrade .....	21
<b>Tablica 6.</b> Neto površine prostorija prizemlja .....	26
<b>Tablica 7.</b> Neto površine prostorija kata.....	27
<b>Tablica 8.</b> Izračun površina pročelja.....	27
<b>Tablica 9.</b> Površina otvora prema pročeljima .....	28
<b>Tablica 10.</b> Udio građevinskih elemenata .....	29
<b>Tablica 11.</b> Slojevi zida vanjske ovojnice .....	30
<b>Tablica 12.</b> Slojevi poda na tlu .....	30
<b>Tablica 13.</b> Slojevi stropa prema tavanu .....	31
<b>Tablica 14.</b> Toplinsko-izolacijska učinkovitost građevinskih dijelova .....	31
<b>Tablica 15.</b> Slojevi zida vanjske ovojnice .....	32
<b>Tablica 16.</b> Slojevi stropa prema tavanu .....	32
<b>Tablica 17.</b> Koeficijent prolaska topline vanjskog zida .....	33
<b>Tablica 18.</b> Koeficijent prolaska topline tavana .....	33
<b>Tablica 19.</b> Toplinsko-izolacijska učinkovitost građevinskih dijelova nakon obnove.....	34
<b>Tablica 20.</b> Godišnja specifična toplinska energija u kWh/(m <sup>2</sup> a) .....	35
<b>Tablica 21.</b> Energetske potrebe obiteljske kuće u kWh/a.....	36
<b>Tablica 22.</b> Umanjenje energetske potrebe nakon obnove u kWh/a .....	38
<b>Tablica 23.</b> Umanjenje energetske potrebe nakon obnove u % .....	40
<b>Tablica 24.</b> Godišnji troškovi toplinske energije za grijanje u kunama .....	41
<b>Tablica 25.</b> Umanjenje godišnjih troškova toplinske energije za grijanje u kunama .....	43
<b>Tablica 26.</b> Emisija CO <sub>2</sub> obiteljske kuće .....	44

**Popis grafikona**

<b>Grafikon 1.</b> Udio površine vanjske ovojnice.....	28
<b>Grafikon 2.</b> Koeficijent prolaska topline vanjskog zida.....	33
<b>Grafikon 3.</b> Koeficijent prolaska topline tavana .....	34
<b>Grafikon 4.</b> Energetske potrebe proizašle povećanjem debljine izolacije .....	37
<b>Grafikon 5.</b> Umanjenje energetske potrebe nakon obnove u kWh/a .....	39
<b>Grafikon 6.</b> Godišnji troškovi toplinske energije za grijanje .....	42
<b>Grafikon 7.</b> Emisija CO <sub>2</sub> obiteljske kuće .....	45

## Opis znakovlja

- $A$  - oplošje grijanog dijela zgrade je ukupna ploština građevnih dijelova koji razdvajaju grijani dio zgrade od vanjskog prostora, tla ili negrijanih dijelova zgrade ( $m^2$ )
- $V_e$  - Bruto obujam grijanog dijela zgrade kojemu je oplošje  $A$  ( $m^2$ )
- $V$  - Neto obujam grijanog dijela zgrade u kojem se nalazi zrak.
- $A_k$  - ploština korisne površine zgrade je ukupna ploština neto podne površine grijanog dijela zgrade ( $m^2$ )
- $A_w$  - ploština površine prozora je zbroj ploština prozora, balkonskih vrata i prozirnih elemenata pročelja i ukupne ploštine pročelja ( $m^2$ )
- $CO_2$  - godišnja emisija ugljičnog dioksida je masa emitiranog ugljičnog dioksida tijekom jedne godine koja je posljedica energetskih potreba zgrade (kg)
- $f_o$  - faktor oblika zgrade jest količnik oplošja  $A$  ( $m^2$ ) i obujma  $V$  ( $m^3$ ) grijanog dijela zgrade ( $m^{-1}$ )
- $U$  - koeficijent prolaska topline je količina topline koju građevni element gubi u 1 sekundi po  $m^2$  površine kod razlike temperature od 1 K ( $W/m^2K$ )
- $Q_{H,nd}$  - godišnja potrebna toplinska energija za grijanje za stvarne klimatske podatke je računski određena količina topline koju sustavom grijanja treba tijekom jedne godine dovesti u zgradu za održavanje unutarnje projektne temperature u zgradi tijekom razdoblja grijanja (kWh/a)
- $\rho$  - gustoća je fizikalna veličina određena kao količnik mase ( $m$ ) i volumena ( $V$ ) nekog tijela ili kemijske tvari ( $kg/m^3$ )
- $\lambda$  - toplinska provodljivost jednaka je količini topline koju provodi kroz jedinicu površine, u jedinici vremena, pri standardnim uvjetima, a da se pritom vrijednost temperature smanji za jedan stupanj (1 K) na jedinici puta u smjeru strujanja topline ( $W/mK$ )
- $\mu$  - izražava koliko neki građevinski materijal sprječava difuziju vodene pare, a mjeri se faktorom otpora difuziji vodene pare

**Prilog.** Proračun potrošnje toplinske energije za grijanja za primjer kuće s debljinom izolacije vanjskog zida od 16 cm i stropne izolacije od 20 cm.

## Obiteljska kuća

<b>Projektantska tvrtka:</b>	-
Investitor:	-
Građevina:	OBITELJSKA KUĆA
Lokacija:	ČAKOVEC
Broj projekta:	-
Broj mape:	

<b>Glavni projektant:</b>	-
Projektant:	-
Projektant uštede energije i toplinske	-
Datum izrade:	5.11.2017.
Izradio:	Mario Taradi

## Sadržaj

Iskaznica potrebne toplinske energije za grijanje i toplinske energije za hlađenje

A. Zona 1 - Iskaznica potrebne toplinske energije za grijanje i toplinske energije

1. Tehnički opis

1.1. Podaci o lokaciji objekta

1.2. Namjena zgrade i podjela u toplinske zone

1.3. Zona 1 - Zona 1

1.3.1. Geometrijske karakteristike zgrade

1.3.2. Građevni dijelovi zgrade, slojevi i obrada

1.3.3. Otvori (prozirni i neprozirni elementi) zgrade

1.3.4. Zaštita od prekomjernog Sunčevog zračenja (ljetni period)

1.3.5. Sustav grijanja i energent za grijanje zgrade

ZONA 1

2.A. Zona 1 - Proračun i ocjena fizikalnih svojstava zgrade u odnosu na racionalnu uporabu energije i toplinsku zaštitu

2.A.1. Proračun građevnih dijelova zgrade

2.A.2. Vanjski otvori (HRN EN ISO 10077-1:2000)

2.A.3. Proračun toplinskih mostova (HRN EN ISO 14683)

2.A.4. Ukupni transmisijski gubici

2.A.4.1. Gubici topline kroz vanjski omotač zgrade

2.A.4.2. Gubici topline kroz vanjske otvore

2.A.4.3. Proračun građevnih dijelova u kontaktu s tlom (HRN EN ISO 13370)

2.A.4.3.1. Tablični pregled definiranih gubitaka kroz tlo

2.A.4.3.2. Podovi na tlu

2.A.4.4. Gubici topline kroz negrijane prostore

2.A.4.5. Gubici topline kroz susjedne zgrade

2.A.5. Proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje (prema HRN EN

2.A.5.1. Toplinski gubici

2.A.5.2. Toplinski dobici

2.A.5.3. Proračun potrebne topline za grijanje i hlađenje

2.A.5.4. Rezultati proračuna

2.A.5.5. Proračun potrošnje i cijene energenata

2.A.5.6. Proračun godišnje emisije CO<sub>2</sub>

2.A.5.7. Godišnja primarna energija za grijanje

2.A.5.8. Godišnja primarna energija za hlađenje

3. Program kontrole i osiguranja kvalitete

4. Nacrti s ucrtanom granicom grijanog dijela zgrade te detalji rješavanja
5. Primijenjeni propisi i norme

Obrazac 1, list ¼

**ISKAZNICA ENERGETSKIH SVOJSTAVA ZGRADE**

prema poglavlju VI. Tehničkog propisa o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama, za zgradu grijanu na temperaturu 18 °C ili više

1. INVESTITOR	MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU
2. OZNAKA PROJEKTA	BROJ 1
3. OPIS ZGRADE	
Naziv zgrade ili dijela zgrade	Obiteljska kuća
Lokacija zgrade (katastarska čestica, katastarska općina, naselje s poštanskim brojem, ulica, kućni broj, nadmorska visina)	K.č.br.: 1729/12, K.o.: Čakovec PALOVEC GLAVNA 92 N.v.: 167,00 m
Mjesec i godina izrade projekta	Studeni 2017. godine
Oplošje grijanog dijela zgrade $A$ (m <sup>2</sup> )	422,00
Obujam grijanog dijela zgrade $V_e$ (m <sup>3</sup> )	554,40
Faktor oblika zgrade $f_o$ (m <sup>-1</sup> )	0,76
Ploština korisne površine zgrade $A_k$ (m <sup>2</sup> )	158,73
Način grijanja (lokalno, etažno, centralno, toplansko)	Lokalno
Prosječna unutarnja projektna temperatura grijanja °C	20,00
Prosječna unutarnja projektna temperatura hlađenja °C	22,00
Meteorološka postaja s nadmorskom visinom	Varaždin (167,00 m n.v.)
Srednja mjesečna temperatura vanjskog zraka najhladnijeg mjeseca na lokaciji zgrade $\theta_{e,mi,min}$ (°C)	0,40



Srednje mjesečna temperatura vanjskog zraka najtoplijeg mjeseca na lokaciji zgrade $\theta_{e,mj,max}$ (°C)	21,20
---	-------

Obrazac 1, list 2/4

4. POTREBNA PRIMARNA ENERGIJA, TOPLINSKA ENERGIJA ZA GRIJANJE ZGRADE I IZRAČUNATA TOPLINSKA ENERGIJA ZA HLAĐENJE		
Godišnja potrebna primarna energija za stvarne klimatske podatke $E_{prim}$ [kWh/a]	11837,87*	
Godišnja potrebna primarna energija po jedinici ploštine korisne površine zgrade za stvarne klimatske podatke $E_{prim}$ [kWh/m <sup>2</sup> a] (za stambene ili nestambene zgrade)	<i>najveća dopuštena</i>	<i>izračunata</i>
	115,00	74,58*
Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje za stvarne klimatske podatke $Q_{H,nd}$ [kWh/a]	8300,97	
Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje po jedinici ploštine korisne površine zgrade, za stvarne klimatske podatke $Q''_{H,nd}$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)] (za stambene ili nestambene zgrade)	<i>najveća dopuštena</i>	<i>izračunata</i>
	63,28	52,30
Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje po jedinici obujma grijanog dijela zgrade, za stvarne klimatske podatke $Q'_{H,nd}$ [kWh/(m <sup>3</sup> a)] (za nestambene zgrade prosječne visine etaže veće od 4,2 m)	<i>najveća dopuštena</i>	<i>izračunata</i>
	-	-
Godišnja potrebna toplinska energija za hlađenje $Q_{C,nd}$ [kWh/a] (za zgrade sa sustavom hlađenja)	3391,98	
Godišnja potrebna toplinska energija za hlađenje po jedinici ploštine korisne površine zgrade $Q''_{C,nd}$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)] (za zgrade sa sustavom hlađenja)	<i>najveća dopuštena</i>	<i>izračunata</i>
	50,00	21,37

\* Procijenjena vrijednost. Detaljan proračun u izradi.

Obrazac 1, list 3/4

5. OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE			
POTREBNO ZA OSTVARENJE UVJETA		OSTVARENO (%)	ISPUNJENO (DA/NE)
Najmanje 20% ukupne isporučene energije za rad sustava u zgradi podmireno energijom iz		0,00	NE
Omjer energije iz obnovljivih izvora energije i ukupne isporučene toplinske energije za grijanje, hlađenje i zgrade	Najmanje 25% iz sunčeva zračenja		
	Najmanje 30% iz plinovite biomase		
	Najmanje 50% iz čvrste biomase		
	Najmanje 70% iz geotermalne energije		
	Najmanje 50% iz topline okoline		
	Najmanje 50% iz kogeneracijskog postrojenja s visokom učinkovitošću		
Najmanje 50% opskrbljena iz sustava energetski učinkovitog daljinskog grijanja prema članku 42.			
Najmanje 20% niža od dozvoljene godišnje potrebne topline za grijanje po jedinici ploštine			
Najmanje 4m <sup>2</sup> ugrađenih sunčanih kolektora (vrijedi iznimno za obiteljske kuće)			
6. DRUGA ENERGETSKA OBILJEŽJA ZGRADE			
Koeficijent transmisijskog toplinskog gubitka po jedinici oplošja grijanog dijela zgrade $H'_{tr,adj}$ [W/(m <sup>2</sup> K)]		<i>najveći dopušteni</i>	<i>izračunati</i>
		0,50	0,32
Koeficijent transmisijskog toplinskog gubitka $H_{tr,adj}$ (W/K)		134,120	
Koeficijent toplinskog gubitka provjetravanjem $H_{ve,adj}$ (W/K)		77,65	
Ukupni godišnji gubici topline $Q_l$ (kWh)		17.076,25	
Godišnji iskoristivi unutarnji dobici topline $Q_i$ (kWh)		6.952,37	
Godišnji iskoristivi solarni dobici topline $Q_s$ (kWh)		6.326,35	
Ukupni godišnji iskoristivi dobici topline $Q_a$ (kWh)		13.278,72	

Obrazac 1, list 4/4

7. ODGOVORNOST ZA PODATKE	
Projektant (ime i prezime / naziv i adresa)	-
Projektant dijela glavnog projekta zgrade koji se odnosi na racionalnu uporabu energije i toplinsku zaštitu (potpis i žig)	-
Glavni projektant zgrade (potpis i žig)	-
Datum i pečat projektantske tvrtke	5.11.2017.

## 1. Tehnički opis

### 1.1. Podaci o lokaciji objekta

Predmetna građevina se nalazi u 2. zoni globalnog Sunčevog zračenja sa srednjom mjesečnom temperaturom vanjskog zraka najhladnijeg mjeseca na lokaciji zgrade  $\Theta_{e,mi,min} \leq 3^{\circ}\text{C}$  i unutarnjom temperaturom  $\Theta_i \geq 18^{\circ}\text{C}$ .

#### Klimatološki podaci lokacije objekta:

Lokacija: ČAKOVEC

Referentna postaja: Varaždin

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
	Temperature zraka (°C)												
m	0,4	2,2	6,4	11,2	16,2	19,6	21,2	20,5	15,5	10,7	6	0,8	10,9
min	-14,9	-13,4	-10,5	0	5,6	9,4	13	10,9	6,5	-1,6	-7,2	-13,4	-14,9
max	13,1	14,4	16,3	20	26,3	28,4	29	29,3	26,2	21,8	19,8	13,8	29,3

	Tlak vodene pare (Pa)												
m	500	560	680	870	1210	1530	1680	1680	1410	1040	750	570	1040

	Relativna vlažnost zraka (%)												
m	83	75	71	69	68	69	70	73	79	81	84	86	76

	Brzina vjetra (m/s)												
m	2	2,4	2,5	2,7	2,3	2,1	1,8	1,5	1,5	1,8	2,1	2,1	2

	Broj dana grijanja												
	Temperatura vanjskog zraka										$\leq 10^{\circ}\text{C}$		169
											$\leq 12^{\circ}\text{C}$		186,9
											$\leq 15^{\circ}\text{C}$		204,6

Orij	[°]	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
		Globalno Sunčevo zračenje (MJ/m <sup>2</sup> )												
S	0	123	188	342	464	578	614	637	551	419	266	134	95	4410
	15	156	227	384	489	582	607	636	571	467	319	167	120	4726
	30	181	257	410	493	565	579	612	567	492	357	193	139	4845
	45	198	274	415	475	525	530	563	538	493	378	209	152	4750
	60	205	277	401	436	465	462	494	487	470	379	215	157	4448
	75	202	266	369	379	389	381	409	416	424	360	210	155	3958
	90	188	242	319	308	305	293	315	331	358	324	195	145	3321
SE, SW	0	123	188	342	464	578	614	637	551	419	266	134	95	4410
	15	145	215	372	483	582	609	637	566	454	303	157	112	4635
	30	162	234	389	486	569	588	619	564	472	329	173	124	4709
	45	171	243	390	471	537	550	582	542	471	339	182	131	4610
	60	172	241	375	440	489	495	527	501	450	334	182	132	4338
	75	166	227	344	392	427	427	457	444	411	314	174	127	3910
	90	151	204	301	334	356	352	378	374	356	280	158	116	3359
E, W	0	123	188	342	464	578	614	637	551	419	266	134	95	4410
	15	123	188	340	461	572	606	630	546	417	266	134	95	4377
	30	123	186	335	449	554	585	609	532	411	264	134	95	4276
	45	120	182	323	429	525	553	577	507	397	258	131	92	4093

	60	114	173	304	400	485	509	533	471	374	245	124	88	3819
	75	105	159	277	362	434	455	477	425	341	225	114	81	3456
	90	94	141	244	316	376	393	413	370	301	200	102	72	3022
NE, NW	0	123	188	342	464	578	614	637	551	419	266	134	95	4410
	15	100	157	303	432	556	598	617	519	373	224	110	78	4067
	30	85	134	264	389	514	558	572	471	325	189	94	67	3663
	45	71	115	233	347	462	504	514	420	284	164	78	59	3250
	60	65	91	200	308	412	448	457	373	249	127	70	54	2855
	75	59	81	151	258	361	395	402	320	187	105	63	48	2428
	90	52	72	124	183	280	316	315	233	135	94	56	42	1902
E, N	0	123	188	342	464	578	614	637	551	419	266	134	95	4410
	15	85	140	284	418	544	587	604	504	352	200	95	67	3879
	30	75	102	215	352	481	525	534	432	269	137	81	63	3266
	45	71	96	166	273	398	439	441	341	187	123	123	59	2669
	60	65	89	152	202	302	338	332	244	159	115	70	54	2122
	75	59	81	139	181	228	236	236	205	147	105	63	48	1728
	90	52	72	124	163	205	213	214	186	134	94	56	42	1554

## 1.2. Namjena zgrade i podjela u toplinske zone

Namjena zgrade	Stambena zgrada
Podjela zgrade u toplinske	ne

## 1.3. Zona 1 – Obiteljska kuća

### 1.3.1. Geometrijske karakteristike zgrade

Potrebni podaci	Zona 1
Oplošje grijanog dijela zgrade – $A [m^2]$	422,00
Obujam grijanog dijela zgrade – $V_e [m^3]$	554,40
Obujam grijanog zraka – $V [m^3]$	421,34
Faktor oblika zgrade – $f_0 [m^{-1}]$	0,76
Ploština korisne površine – $A_K [m^2]$	158,73
Ukupna ploština pročelja – $A_{uk} [m^2]$	224,00
Ukupna ploština prozora – $A_{wuk} [m^2]$	19,29

### 1.3.2. Građevni dijelovi zgrade, slojevi i obrada

Definirani slojevi građevnog dijela (u smjeru toplinskog toka) prikazani za građevne dijelove grupirane prema zonama i prema vrsti građevnog dijela.

#### 1.3.2.1 Vanjski zidovi 1 - Vanjski zid

R.b.	Materijal	d [cm]	$\lambda [W/mK]$	$\mu [-]$	sd [m]	$\rho [kg/m^3]$
1	3.03 Vapneno-cementna	2,000	1,000	20,00	0,40	1800,00

2	1.11 Šuplji blokovi od gline	30,000	0,390	5,00	1,50	800,00
3	Knauf Insulation ploča za kontaktne fasade FKD-S	16,000	0,035	1,10	0,18	100,00
4	3.16 Silikatna žbuka	0,400	0,900	60,00	0,24	1800,00
Definirane ploštine [ $m^2$ ]:				Istok	56,35	
				Sjever	48,96	
				Zapad	59,08	
				Jug	40,32	

## 1.3.2.2 Podovi na tlu 1 - Pod na tlu

R.b.	Materijal	d [cm]	$\lambda$ [W/mK]	$\mu$ [-]	sd [m]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]
1	4.06 Drvo - tvrdo -	2,400	0,180	200,00	4,80	700,00
2	3.19 Cementni estrih	5,000	1,600	50,00	2,50	2000,00
3	Polietilen / politen, velika	0,015	0,500	100000,00	15,00	980,00
4	7.02 Ekspandirani polistiren	8,000	0,037	60,00	4,80	21,00
5	Bitumenska traka s uloškom	0,500	160,000	3000000,00	500,00	1600,00
6	2.01 Armirani beton	12,000	2,600	110,00	13,20	2500,00
Definirana ploština [ $m^2$ ]:					99,00	

## 1.3.2.3 Stropovi prema provjetravanom tavanu 1 - Strop prema negrijanom

R.b.	Materijal	d [cm]	$\lambda$ [W/mK]	$\mu$ [-]	sd [m]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]
1	3.03 Vapneno-cementna	2,000	1,000	20,00	0,40	1800,00
2	1.08 Šuplji blokovi od gline	16,000	0,480	10,00	1,60	1100,00
3	2.01 Armirani beton	4,000	2,600	110,00	4,40	2500,00
4	7.01 Mineralna vuna (MW)	20,000	0,037	1,20	0,24	200,00
5	Polietilenska folija 0,15 mm	0,015	0,500	334000,00	15,00	980,00
6	3.19 Cementni estrih	5,000	1,600	50,00	2,50	2000,00
Definirana ploština [ $m^2$ ]:					99,00	

**Napomene za pravilno tehničko rješenje prilikom primjene materijala za toplinsku, zvučnu i protupožarnu izolaciju:**

Nema

**Važna napomena:** Ukoliko se namjerava iz bilo kojeg razloga mijenjati projektirani toplinsko izolacijski materijal, ugrađeni materijal ne smije biti slabije kvalitete od projektom predviđenog niti po jednom od bitnih parametara (koeficijent toplinske provodljivosti, paropropusnost, klasa gorivosti,..). Za sve ugrađene toplinsko izolacijske materijale moraju se priložiti valjane potvrde, a za one koji ne odgovaraju projektom

**1.3.3. Otvori (prozirni i neprozirni elementi) zgrade**

Naziv otvora	Uw [W/m <sup>2</sup> K]	Orijentacija	Aw [m <sup>2</sup> ]	n
PROZORI	0,80	Istok	1,00	3,36
	0,80	Zapad	1,00	2,52
	0,80	Sjever	1,00	1,44
	0,80	Jug	1,00	10,08
VRATA	0,80	Istok	1,00	1,89

**1.3.4. Zaštita od prekomjernog Sunčevog zračenja (ljetni period)**

Nema definiranih prostorija!

**1.3.5. Sustav grijanja i energent za grijanje**

Sustav grijanja:	Lokalno
Grijanje s prekidima ili podešenom nižom temperaturom:	Stalno grijanje
Udio vremena s definiranom unutarnjom temperaturom – $f_{H,hr}$ (režim rada termotehničkog sustava za grijanje):	1,00
Omjer dana u tjednu s definiranom unutarnjom temperaturom (za hlađenje) – $f_{C,day}$ :	0,71
Vrsta energenta za grijanje:	Prirodni plin
Vrsta i način korištenja obnovljivih izvora energije:	
Udio obnovljive energije u potrebnoj energiji za grijanje [%]:	0,00

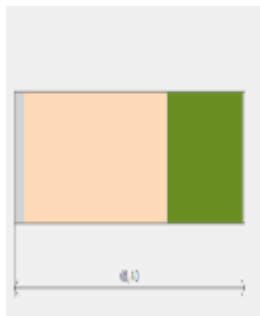
**2.A. Proračun i ocjena fizikalnih svojstava zgrade u odnosu na racionalnu uporabu energije i toplinsku zaštitu**

Unutarnja projektna temperatura grijanja: 20,00 °C

**2.A.1. Proračun građevnih dijelova zgrade**

Naziv građevnog dijela	A [m <sup>2</sup> ]	U [W/m <sup>2</sup> K]	U <sub>max</sub> [W/m <sup>2</sup> K]	OK
Vanjski zid	204,71	0,18	0,30	✓
Pod na tlu	99,00	0,39	0,40	✓
Strop prema negrijanom tavanu	99,00	0,17	0,25	✓

## 2.A.1.1. Vanjski zidovi 1 - Vanjski zid

Opći podaci o građevnom dijelu									
	A <sub>gd</sub> [m <sup>2</sup> ]	A <sub>I</sub>	A <sub>Z</sub>	A <sub>S</sub>	A <sub>J</sub>	A <sub>SI</sub>	A <sub>SZ</sub>	A <sub>JI</sub>	A <sub>JZ</sub>
	204,71	56,35	59,08	48,96	40,32	0,00	0,00	0,00	0,00
	Toplinska zaštita:			U [W/m <sup>2</sup> K] = 0,18 ≤ 0,30			ZADOVOLJAVA		
	Površinska vlažnost: (Rizik okruženja s plijesni φ <sub>si</sub> ≤ 0,8)			fR <sub>si</sub> = 0,05 ≤ 0,95			ZADOVOLJAVA		
	Unutarnja kondenzacija:			ΣM <sub>a,god</sub> = 0,00			ZADOVOLJAVA		
	Dinamičke karakteristike:			299,20 ≥ 100 kg/m <sup>2</sup> U = 0,18 ≤ 0,30			ZADOVOLJAVA		

	Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog	d[cm]	$\rho[\text{kg/m}^3]$	$\lambda[W/mK]$	$R[m^2]$
1	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2,000	1800,00	1,000	0,020
2	1.11 Šuplji blokovi od gline	30,000	800,00	0,390	0,769
3	Knauf Insulation ploča za kontaktne fasade FKD-S	16,000	100,00	0,035	4,571
4	3.16 Silikatna žbuka	0,400	1800,00	0,900	0,010
					$R_{si} = 0,130$
					$R_{se} = 0,040$
					$R_T = 5,541$
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s $U [W/m^2 K]$		$U = 0,18 \leq U_{max} = 0,30$		ZADOVOLJAVA	
Plošna masa građevnog dijela <b>299,20 [kg/m2]</b>		$299,20 \geq 100 \text{ kg/m}^2$ $U = 0,18 \leq 0,30$		ZADOVOLJAVA	

## Ispravci i dodaci

Zračne šupljine (HRN EN ISO 6946, Annex E)

Tip zračnih šupljina: Nema zračnih šupljina koje prodiru kroz cijeli izolacijski sloj

## Proračun najveće dozvoljene površinske vlažnosti (HRN EN ISO 13788)

Odabrani način proračuna površinske vlažnosti:		Poznat dovod vlage i konstantan broj izmjena zraka								
Odabrani razred vlažnosti:		Stambene prostorije s malim intenzitetom korištenja								
Produkcija vlage u unutarnjem prostoru:		$G [\text{kg/h}] = 0,00$								
Mjesec	$\theta_e$	$\phi_e$	$p_e$	n	$\Delta p$	$p_i$	$p_{sat}(\theta)$	$\theta_{si, min}$	$\theta_i$	$fR_{si}$
Siječanj	0,4	0,83	522	0,22	0	522	652	0,9	20,0	0,03
Veljača	2,2	0,75	537	0,29	0	537	671	1,3	20,0	0,00
Ožujak	6,4	0,71	682	0,46	0	682	853	4,7	20,0	0,00
Travanj	11,2	0,69	917	0,65	0	917	1147	9,0	20,0	0,00
Svibanj	16,2	0,68	1252	0,85	0	1252	1565	13,7	20,0	0,00
Lipanj	19,6	0,69	1573	0,98	0	1573	1966	17,2	20,0	0,00
Srpanj	21,2	0,70	1761	1,05	0	1761	2202	19,0	20,0	0,00
Kolovoz	20,5	0,73	1759	1,02	0	1759	2199	19,0	20,0	0,00

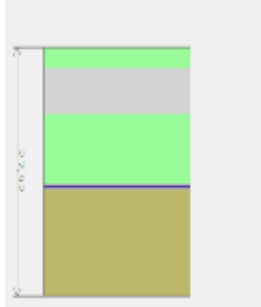


Rujan	15,5	0,79	1390	0,82	0	1390	1738	15,3	20,0	0,00
Listopad	10,7	0,81	1042	0,63	0	1042	1302	10,9	20,0	0,02
Studeni	6,0	0,84	785	0,44	0	785	981	6,7	20,0	0,05
Prosinac	0,8	0,86	556	0,23	0	556	695	1,8	20,0	0,05
Površinska vlažnost			$fR_{si} = 0,05 \leq fR_{si, max} = 0,95$				ZADOVOLJAVA			

Ocjena opasnosti od kondenzacije na okvirima otvora koji se nalaze na ovom građevnom dijelu				
Naziv otvora	fR <sub>si</sub>	fR <sub>si,max</sub>	Θ <sub>min</sub>	OK
PROZORI	0,90	0,05	-9,3	ZADOVOLJAVA
VRATA	0,90	0,05	-9,3	ZADOVOLJAVA

Mjesečni proračun kondenzacije i akumulacije vlage		
Mjesec	g <sub>c1</sub>	M <sub>a1</sub>
Siječanj - Prosinac	0,00000	0,00000
U pogledu kondenzacije građevni dio:		ZADOVOLJAVA

## 2.A.1.2. Podovi na tlu 1 - Pod na tlu

Opći podaci o građevnom dijelu									
	A <sub>gd</sub> [m <sup>2</sup> ]	A <sub>I</sub>	A <sub>Z</sub>	A <sub>S</sub>	A <sub>J</sub>	A <sub>SI</sub>	A <sub>SZ</sub>	A <sub>JI</sub>	A <sub>JZ</sub>
	99,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Toplinska zaštita:		U [W/m <sup>2</sup> K] = 0,39 ≤ 0,40				ZADOVOLJAVA		
	Površinska vlažnost: (Rizik okruženja s plijesni φ <sub>si</sub> ≤ 0,8)		fR <sub>si</sub> = 0,84 ≤ 0,90				ZADOVOLJAVA		

	Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog	d[cm]	ρ[kg/m <sup>3</sup> ]	λ[W/mK]	R[m <sup>2</sup> ]
1	4.06 Drvo - tvrdo - bjelogorica	2,400	700,00	0,180	0,133
2	3.19 Cementni estrih	5,000	2000,00	1,600	0,031
3	Polietilen / politen, velika gustoća	0,015	980,00	0,500	0,010
4	7.02 Ekspandirani polistiren (EPS)	8,000	21,00	0,037	2,162
5	Bitumenska traka s uloškom od Al folije	0,500	1600,00	160,000	0,010
6	2.01 Armirani beton	12,000	2500,00	2,600	0,046
					R <sub>si</sub> = 0,170
					R <sub>se</sub> = 0,000
					R <sub>T</sub> = 2,563
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s U [W/m <sup>2</sup> K]		U = 0,39 ≤ U <sub>max</sub> = 0,40		ZADOVOLJAVA	

## Ispravci i dodaci

## Zračne šupljine (HRN EN ISO 6946, Annex E)

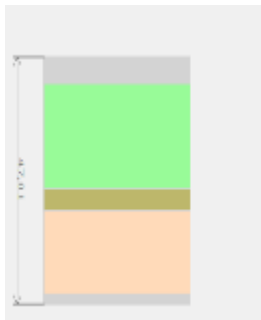
Tip zračnih šupljina:	Nema zračnih šupljina koje prodiru kroz cijeli izolacijski sloj
-----------------------	---

## Proračun najveće dozvoljene površinske vlažnosti (HRN EN ISO 13788)

Odabrani način proračuna površinske vlažnosti:				Primjena razreda vlažnosti u prostoriji - neklimatizirana zgrada					
Odabrani razred vlažnosti:				Stambene prostorije s malim intenzitetom korištenja					
Unutarnja temperatura grijanja uz građevni dio:				$\theta_{\text{int,set,H,gd}} = 20,00^{\circ}\text{C}$					
Siječanj	10,9	1,00	1303	369	1709	2136	18,6	20,0	0,84
Veljača	10,9	1,00	1303	369	1709	2136	18,6	20,0	0,84
Ožujak	10,9	1,00	1303	369	1709	2136	18,6	20,0	0,84
Travanj	10,9	1,00	1303	369	1709	2136	18,6	20,0	0,84
Svibanj	10,9	1,00	1303	369	1709	2136	18,6	20,0	0,84
Lipanj	10,9	1,00	1303	369	1709	2136	18,6	20,0	0,84
Srpanj	10,9	1,00	1303	369	1709	2136	18,6	20,0	0,84
Kolovoz	10,9	1,00	1303	369	1709	2136	18,6	20,0	0,84
Rujan	10,9	1,00	1303	369	1709	2136	18,6	20,0	0,84
Listopad	10,9	1,00	1303	369	1709	2136	18,6	20,0	0,84
Studen	10,9	1,00	1303	369	1709	2136	18,6	20,0	0,84
Prosinac	10,9	1,00	1303	369	1709	2136	18,6	20,0	0,84
Površinska vlažnost				$fR_{\text{si}} = 0,84 \leq fR_{\text{si,max}} = 0,90$			ZADOVOLJAVA		

## 2.A.1.3. Stropovi prema provjetravanom tavanu 1 - Strop prema negrijanom tavanu

## Opći podaci o građevnom dijelu

	$A_{\text{gd}} [\text{m}^2]$	$A_{\text{I}}$	$A_{\text{Z}}$	$A_{\text{S}}$	$A_{\text{J}}$	$A_{\text{SI}}$	$A_{\text{SZ}}$	$A_{\text{JI}}$	$A_{\text{JZ}}$
	99,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Toplinska zaštita:			$U [\text{W}/\text{m}^2 \text{ K}] = 0,17 \leq 0,25$			ZADOVOLJAVA		
	Površinska vlažnost: (Rizik okruženja s plijesni $\phi_{\text{si}} \leq 0,8$ )			$fR_{\text{si}} = 0,77 \leq 0,96$			ZADOVOLJAVA		
	Unutarnja kondenzacija:			$\Sigma M_{\text{a,god}} = 0,00$			ZADOVOLJAVA		

	Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog	$d[\text{cm}]$	$\rho[\text{kg}/\text{m}^3]$	$\lambda[\text{W}/\text{mK}]$	$R[\text{m}^2]$
1	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2,000	1800,00	1,000	0,020
2	1.08 Šuplji blokovi od gline	16,000	1100,00	0,480	0,333
3	2.01 Armirani beton	4,000	2500,00	2,600	0,015
4	7.01 Mineralna vuna (MW)	20,000	200,00	0,037	5,405
5	Polietilenska folija 0,15 mm	0,015	980,00	0,500	0,010
6	3.19 Cementni estrih	5,000	2000,00	1,600	0,031

					$R_{si} = 0,100$
					$R_{se} = 0,040$
					$R_u = 0,060$
					$R_T = 6,015$
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s $U$ [ $W/m^2 K$ ]			$U = 0,17 \leq U_{max} = 0,25$		ZADOVOLJAVA

**Ispravci i dodaci**

Zračne šupljine (HRN EN ISO 6946, Annex E)

Tip zračnih šupljina: Nema zračnih šupljina koje prodiru kroz cijeli izolacijski sloj

Definirani pokrov (HRN EN ISO 6946)

Tip pokrova: Pokrov crijepom, bez krovne ljepenke, oplatnih ploča, ili sl.

**Proračun najveće dozvoljene površinske vlažnosti (HRN EN ISO 13788)**

Odabrani način proračuna površinske vlažnosti: Primjena razreda vlažnosti u prostoriji - neklimatizirana zgrada

Odabrani razred vlažnosti: Stambene prostorije s malim intenzitetom korištenja

Unutarnja temperatura grijanja uz građevni dio:  $\theta_{int,set,H,gd} = 20,00^\circ C$ 

Siječanj	0,4	0,83	522	794	1395	1744	15,4	20,0	0,76
Veljača	2,2	0,75	537	721	1330	1662	14,6	20,0	0,70
Ožujak	6,4	0,71	682	551	1288	1610	14,1	20,0	0,57
Travanj	11,2	0,69	917	356	1309	1637	14,4	20,0	0,36
Svibanj	16,2	0,68	1252	154	1421	1776	15,6	20,0	0,00
Lipanj	19,6	0,69	1573	16	1591	1989	17,4	20,0	0,00
Srpanj	21,2	0,70	1761	0	1761	2202	19,0	20,0	0,00
Kolovoz	20,5	0,73	1759	0	1759	2199	19,0	20,0	0,00
Rujan	15,5	0,79	1390	182	1591	1989	17,4	20,0	0,43
Listopad	10,7	0,81	1042	377	1456	1820	16,0	20,0	0,57
Studen	6,0	0,84	785	567	1409	1761	15,5	20,0	0,68
Prosinac	0,8	0,86	556	778	1412	1765	15,5	20,0	0,77

Površinska vlažnost  $fR_{si} = 0,77 \leq fR_{si, max} = 0,96$  ZADOVOLJAVA**Mjesečni proračun kondenzacije i akumulacije vlage**

Mjesec	$g_{c1}$	$M_{a1}$
Listopad	0,00505	0,00505
Studen	0,03128	0,03633
Prosinac	0,05759	0,09392
Siječanj	0,05722	0,15114
Veljača	0,03858	0,18972
Ožujak	0,01653	0,20625
Travanj	-0,01490	0,19135
Svibanj	-0,05255	0,13880
Lipanj	-0,07480	0,06400
Srpanj	-0,08373	0,00000
Kolovoz		
Rujan		
U pogledu kondenzacije građevni dio:		ZADOVOLJAVA

## 2.A.2. Vanjski otvori (HRN EN ISO 10077-1:2000)

### Korištene kratice:

M.o. – Materijal okvira (D – Drvo, P – PVC, M – Metal, M2 – Metal s prekinutim topl. mostom, B – Beton)

N.p. – Nagib plohe

M.i. – Materijal ispune

Istok														
Naziv	M.o.	N.p. [°]	F <sub>hor</sub>	F <sub>ov</sub>	F <sub>Fin</sub>	F <sub>g</sub>	g <sub>⊥</sub>	F <sub>sh,gl</sub>	A <sub>sol</sub> [m <sup>2</sup> ]	A <sub>f</sub> [m <sup>2</sup> ]	A <sub>g</sub> [m <sup>2</sup> ]	A <sub>w</sub> [m <sup>2</sup> ]	n	U <sub>w</sub> [W/m <sup>2</sup> ]
PROZORI	P	90	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50	1,00	0,36	0,20	0,80	1,00	3,36	0,80
VRATA	D	90	1,00	1,00	1,00	1,00	0,87	1,00	0,63	0,20	0,80	1,00	1,89	0,80

<sup>(1)</sup> Količina sunčevog zračenja [MJ/m<sup>2</sup>]: Sij = 94; Velj = 141; Ožu = 244; Tra = 316; Svi = 376; Lip = 393; Srp = 413; Kol = 370; Ruj = 301; Lis = 200; Stu = 102; Pro = 72

Zapad														
Naziv	M.o.	N.p. [°]	F <sub>hor</sub>	F <sub>ov</sub>	F <sub>Fin</sub>	F <sub>g</sub>	g <sub>⊥</sub>	F <sub>sh,gl</sub>	A <sub>sol</sub> [m <sup>2</sup> ]	A <sub>f</sub> [m <sup>2</sup> ]	A <sub>g</sub> [m <sup>2</sup> ]	A <sub>w</sub> [m <sup>2</sup> ]	n	U <sub>w</sub> [W/m <sup>2</sup> ]
PROZORI	P	90	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50	1,00	0,36	0,20	0,80	1,00	2,52	0,80

<sup>(1)</sup> Količina sunčevog zračenja [MJ/m<sup>2</sup>]: Sij = 94; Velj = 141; Ožu = 244; Tra = 316; Svi = 376; Lip = 393; Srp = 413; Kol = 370; Ruj = 301; Lis = 200; Stu = 102; Pro = 72

Sjever														
Naziv	M.o.	N.p. [°]	F <sub>hor</sub>	F <sub>ov</sub>	F <sub>Fin</sub>	F <sub>g</sub>	g <sub>⊥</sub>	F <sub>sh,gl</sub>	A <sub>sol</sub> [m <sup>2</sup> ]	A <sub>f</sub> [m <sup>2</sup> ]	A <sub>g</sub> [m <sup>2</sup> ]	A <sub>w</sub> [m <sup>2</sup> ]	n	U <sub>w</sub> [W/m <sup>2</sup> ]
PROZORI	P	90	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50	1,00	0,36	0,20	0,80	1,00	1,44	0,80

<sup>(1)</sup> Količina sunčevog zračenja [MJ/m<sup>2</sup>]: Sij = 52; Velj = 72; Ožu = 124; Tra = 163; Svi = 205; Lip = 213; Srp = 214; Kol = 186; Ruj = 134; Lis = 94; Stu = 56; Pro = 42

Jug														
Naziv	M.o.	N.p. [°]	F <sub>hor</sub>	F <sub>ov</sub>	F <sub>Fin</sub>	F <sub>g</sub>	g <sub>⊥</sub>	F <sub>sh,gl</sub>	A <sub>sol</sub> [m <sup>2</sup> ]	A <sub>f</sub> [m <sup>2</sup> ]	A <sub>g</sub> [m <sup>2</sup> ]	A <sub>w</sub> [m <sup>2</sup> ]	n	U <sub>w</sub> [W/m <sup>2</sup> ]
PROZORI	P	90	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50	1,00	0,36	0,20	0,80	1,00	10,08	0,80

<sup>(1)</sup> Količina sunčevog zračenja [MJ/m<sup>2</sup>]: Sij = 188; Velj = 242; Ožu = 319; Tra = 308; Svi = 305; Lip = 293; Srp = 315; Kol = 331; Ruj = 358; Lis = 324; Stu = 195; Pro = 145

### 2.A.3. Proračun toplinskih mostova (HRN EN ISO 14683)

Ako je potencijalni toplinski most projektiran u skladu s hrvatskom normom koja sadrži katalog dobrih rješenja toplinskih mostova i/ili se radi o izvedbi nove zgrade koja nije okarakterizirana kao "niskoenergetska ili pasivna", a svi građevni dijelovi vanjske ovojnice zgrade zadovoljavaju glede najviše dozvoljenih vrijednosti koeficijenta prolaska topline  $U$   $W/(m^2 \cdot K)$ , tada se može umjesto točnog proračuna ili Tablice 4.2, utjecaj toplinskih mostova uzeti u obzir povećanjem  $U$ , svakog građevnog dijela oplošja grijanog dijela zgrade za  $UTM = 0,05 W/(m^2 \cdot K)$ .

### 2.A.4. Koeficijenti transmisijских gubitaka

Ukupni koeficijenti transmisijских gubitaka	
Koeficijent transmisijске izmjene topline prema vanjskom okolišu, $H_D$ [W/K]	84,022
Uprosječni koeficijent transmisijске izmjene topline prema tlu, $H_{g,avg}$ [W/K]	50,098
Koeficijent transmisijске izmjene topline kroz negrijani prostor, $H_U$ [W/K]	0,000
Koeficijent transmisijске izmjene topline prema susjednoj zgradi, $H_A$ [W/K]	0,000
<b>Ukupni koeficijent transmisijске izmjene topline, <math>H_{Tr}</math> [W/K]</b>	<b>134,120</b>

#### 2.A.4.1. Gubici topline kroz vanjski omotač zgrade

Popis građevnih dijelova koji ulaze u proračun  $H_D$

Naziv građevnog dijela	$(U + 0,05) \cdot A$
Vanjski zid	47,182
Strop prema negrijanom tavanu	21,408

#### 2.A.4.2. Gubici topline kroz vanjske otvore

Definirani otvori na vanjskom omotaču zgrade:

Naziv otvora	n	$A_w$	$U_w$	$H_D$
PROZORI	17,40	1,00	0,80	13,92
VRATA	1,89	1,00	0,80	1,51

#### 2.A.4.3 Proračun građevnih dijelova u kontaktu s tlom (HRN EN ISO 13370)

Korištene kratice:

K.p. – Koeficijent toplinske provodljivosti nesmrznutog tla

R.i. – Odabrana rubna izolacija

**2.A.4.3.1. Tablični pregled definiranih gubitaka kroz tlo**

Gubitak	Tip građevnog dijela u odnosu na tlo	U [W/m]	H <sub>g</sub> [W/K]
G1	Podovi na tlu	0,24	49,95

Stacionarni koeficijenti transmisije izmjene prema tlu po mjesecima za proračun grijanja, H <sub>g,m,H</sub> [W/K]												
Gubitak	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
G1	31,52	33,31	39,36	53,33	119,89	1022,15	-	-792,98	103,38	51,20	38,62	31,89

Stacionarni koeficijenti transmisije izmjene prema tlu po mjesecima za proračun hlađenja, H <sub>g,m,c</sub> [W/K]												
Gubitak	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
G1	28,60	29,95	34,31	43,45	78,55	170,36	483,58	264,33	71,57	42,14	33,80	28,88

**2.A.4.3.2. Podovi na tlu**

Gubitak	A [m <sup>2</sup> ]	P [m]	B [m]	d [m]	R <sub>e</sub> [m <sup>2</sup> /W/mK]	K.p. [W/mK]	ΔΨ [W/mK]	U <sub>0</sub> [W/m <sup>2</sup> /K]	U [W/m <sup>2</sup> /K]	d' [m]	R' [m <sup>2</sup> /W/mK]	R <sub>0</sub> [m <sup>2</sup> /W/mK]	d [cm]	R <sub>i</sub> [m <sup>2</sup> /W/mK]	D [m]	ψ [W/mK]	H [W/mK]
G1	99,00	40,00	4,95	5,41	2,30	2,00	-0,05	0,26	0,24	4,36	2,18	2,22	8,00	(A)	1,00	0,65	49,95

<sup>(1)</sup> Pijesak, šljunak

(A)Knauf Insulation TPS

**2.A.4.4. Gubici topline kroz negrijane prostore**

U promatranoj zoni ne postoje definirani gubici topline kroz negrijane prostore.

**2.A.4.5. Gubici topline kroz susjedne zgrade**

U promatranoj zoni nema definiranih gubitaka kroz susjedne zgrade.

**2.A.5. Proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje (prema HRN EN 13790:2008)**

Potrebni podaci	Oznaka	Vrijednost	Mjerna jedinica
Oplošje grijanog dijela zgrade	A	422,00	[m <sup>2</sup> ]
Obujam grijanog dijela zgrade	V <sub>e</sub>	554,40	[m <sup>3</sup> ]

Obujam grijanog zraka (Propis o uštedi energije i toplinskoj zaštiti, čl.4, st.11)	V	421,34	[m <sup>3</sup> ]
Faktor oblika zgrade	f <sub>0</sub>	0,76	[m <sup>-1</sup> ]
Ploština korisne površine	A <sub>K</sub>	158,73	[m <sup>2</sup> ]
Površina kondicionirane (grijane i hlađene) zone računata s vanjskim dimenzijama	A <sub>f</sub>	422,00	[m <sup>2</sup> ]
Ukupna ploština pročelja	A <sub>uk</sub>	224,00	[m <sup>2</sup> ]
Ukupna ploština prozora	A <sub>wuk</sub>	19,29	[m <sup>2</sup> ]

### 2.A.5.1. Toplinski gubici

#### Uključivanje grijanja

Temperatura manja od 12 °C

#### a) Transmisijski gubici

Koeficijent transmisijskih gubitaka HT dobiven prema HRN EN ISO 13790	
$H_{Tr} = H_D + H_{g,avg} + H_U + H_A$	
H <sub>D</sub> - Koeficijent transmisijske izmjene topline prema vanjskom okolišu H <sub>g,avg</sub> - Uprosječni koeficijent transmisijske izmjene topline prema tlu H <sub>U</sub> - Koeficijent transmisijske izmjene topline prema negrijanom prostoru H <sub>A</sub> - Koeficijent transmisijske izmjene topline prema susjednoj zgradi	
H <sub>Tr</sub> - Koeficijent transmisijske izmjene topline	134,120 [W/K]

#### Dodatni transmisijski gubici kroz granice sa susjednim zonama

Granice sa susjednim zonama nisu definirane.

#### b) Gubici provjetravanjem

<b>Proračun protoka zraka</b>	
Referentna površina zone	A = 158,73 [m <sup>2</sup> ]
Neto volumen zone	V = 421,34 [m <sup>3</sup> ]
Broj izmjena zraka pri nametnutoj razlici tlaka od 50 Pa	n <sub>50</sub> = 2,00 [h <sup>-1</sup> ]
Površina kanala	A <sub>duct</sub> = 0,00 [m <sup>2</sup> ]
Površina kanala smještenih unutar zone	A <sub>indoorduct</sub> = 0,00 [m <sup>2</sup> ]
Faktor zaštićenosti zgrade od vjetra	e <sub>wind</sub> = 0,03 [-]
Faktor zaštićenosti zgrade od vjetra	f <sub>wind</sub> = 20,00 [-]
Dnevno vrijeme korištenja zone	t <sub>Kor</sub> = 24,00 [h]

Dnevni broj sati rada sustava mehaničke ventilacije	$t_{v,mech} = 24,00 \text{ [h]}$
Minimalno potrebni volumni protok vanjskog zraka po jedinici površine	$V_A = 0,00 \text{ [m}^3 \text{ / (hm}^2 \text{)]}$
Minimalno potreban broj izmjena vanjskog zraka	$n_{req} = 0,50 \text{ [h}^{-1} \text{]}$

<b>Mehanička ventilacija</b>	
Minimalno potrebni volumni protok zraka	$V_{req} = 210,67 \text{ [m}^3 \text{ /h]}$
Faktor propuštanja razvodnih kanala	$C_{ductleak} = 1,15 \text{ [-]}$
Faktor propuštanja jedinice za obradu zraka	$C_{AHUleak} = 1,06 \text{ [-]}$
Koeficijent propuštanja u zonu	$C_{indoorleak} = 0,00 \text{ [-]}$
Koeficijent propuštanja izvan zone	$C_{outdoorleak} = 0,00$
Ukupni koeficijent propuštanja	$C_{leak} = 0,00 \text{ [-]}$
Broj izmjena zraka dovedenog meh. ventilacijom	$n_{mech,sup} = 0,00 \text{ [-]}$
Broj izmjena zraka dovedenog meh. ventilacijom - u danu uprosječni	$n_{mech,sup} = 0,00 \text{ [h}^{-1} \text{]}$
Ukupni protok zraka koji propuštaju kanali	$V_{duct,leak} = 0,00 \text{ [m}^3 \text{ /h]}$
Ukupni protok zraka koji propušta jedinica za obradu zraka	$V_{AHU,leak} = 0,00$
Volumni protok zraka dovedenog meh. ventilacijom u vremenu rada meh. ventilacije (za satnu metodu)	$V_{mech,sup} = 0,00 \text{ [m}^3 \text{ /h]}$
Volumni protok zraka dovedenog meh. ventilacijom uprosječen po danu (za mjesečnu metodu)	$V_{mech,sup} = 0,00 \text{ [m}^3 \text{ /h]}$
Volumni protok zraka odvedenog meh. ventilacijom u vremenu rada meh. ventilacije (za satnu metodu)	$V_{mech,ext} = 0,00 \text{ [m}^3 \text{ /h]}$
Volumni protok zraka dovedenog meh. ventilacijom uprosječen po danu (za mjesečnu metodu)	$V_{mech,ext} = 0,00 \text{ [m}^3 \text{ /h]}$
Najveći volumni protok recirkulacije	$V_{mech,rec} = 0,00 \text{ [m}^3 \text{ /h]}$

<b>Infiltracija</b>	
Faktor korekcije zbog mehaničke ventilacije	$f_{v,mech} = 0,00 \text{ [-]}$
Broj izmjena zraka uslijed infiltracije - u danu uprosječni	$n_{inf} = 0,06 \text{ [h}^{-1} \text{]}$

<b>Prozračivanje</b>	
Korekcija uslijed infiltracije	$\Delta n_{win} = 0,38 \text{ [h}^{-1} \text{]}$
Korekcija izmjena zraka uslijed mehaničke ventilacije	$\Delta n_{win,mech} = 0,38 \text{ [h}^{-1} \text{]}$
Broj izmjena zraka uslijed prozračivanja - u danu uprosječni	$n_{win} = 0,48 \text{ [h}^{-1} \text{]}$

<b>Potrebna toplinska energija za ventilaciju/klimatizaciju [kWh]</b>												
Mjesec	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$Q_{ve,inf,H}$	125	103	87	54	24	2	-8	-3	28	59	87	123
$Q$	1007	826	699	438	195	20	-62	-26	224	478	696	986
$Q$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$Q_{ve}$	1132	929	786	492	220	22	-69	-29	252	537	783	1109

### c) Ukupni gubici topline

<b>Ukupni gubici topline</b>	
------------------------------	--



Ukupni koeficijent toplinskog gubitka, H [W/K]	H = 211,77 [W/K]
Način grijanja - Stalno grijanje	$\theta_{\text{int,set,H}} = 20,00$ [°C]

**Mjesečni gubici topline**

Mjesec	Toplinski gubici [MJ]	Toplinski gubici [kWh]
Siječanj	11116,97	3088,05
Veljača	9118,99	2533,05
Ožujak	7713,82	2142,73
Travanj	4830,28	1341,75
Svibanj	2155,33	598,70
Lipanj	219,56	60,99
Srpanj	0,00	0,00
Kolovoz	0,00	0,00
Rujan	2470,03	686,12
Listopad	5274,89	1465,25
Studen	7684,54	2134,60
Prosinac	10890,09	3025,03

**Godišnji gubici topline**

	Toplinski gubici [MJ]	Toplinski gubici [kWh]
Godišnje	61474,50	17076,25

**2.A.5.2. Toplinski dobici****a) Solarni dobici**

Solarni dobici topline se računaju za definirane otvore i građevne dijelove u projektu. Otvori su prikazani pod točkom 2.A.2. ovoga elaborata. Građevni dijelovi su prikazani pod točkom 2.A.1. ovoga elaborata.

Napomena! U proračunu solarnih dobitaka, utjecaj definiranih zaslona se uzima u obzir za mjesec: **svibanj, lipanj, srpanj, kolovoz, rujan**.

Solarni toplinski dobici [MJ]												
Mjesec	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$Q_{\text{sol,k}}$	1014	1376	2022	2240	2449	2466	2612	2513	2357	1879	1068	780
$Q_{\text{sol,u,l}}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$Q_{\text{sol}}$	1014	1376	2022	2240	2449	2466	2612	2513	2357	1879	1068	780

**Dodatni solarni dobici topline**

Nema definiranih dodatnih solarnih dobitaka topline!

**b) Unutarnji dobici topline****Mjesečni unutarnji dobici topline**

Mj.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$Q_{int}$	590,48	533,33	590,4	571,43	590,48	571,43	590,48	590,48	571,43	590,48	571,43	590,48

**Dodatni unutarnji dobici topline kroz granice sa susjednim zonama**

Granice sa susjednim zonama nisu definirane!

**Dodatni unutarnji dobici topline**

Nema definiranih dodatnih solarnih dobitaka topline!

**c) Ukupni dobici topline**

Ukupni dobici topline	
Unutarnji dobici topline	$Q_{int} = 6.952,37$ [kWh]
Solarni dobici topline	$Q_{sol} = 22.774,86$ [MJ]
Ostali dobici topline	$Q' = 0,00$ [MJ]

**Mjesečni dobici topline**

Mjesec	Toplinski dobici [MJ]	Toplinski dobici [kWh]
Siječanj	3139,69	872,14
Veljača	3295,95	915,54
Ožujak	4147,47	1152,08
Travanj	4297,02	1193,62
Svibanj	4574,36	1270,66
Lipanj	4522,67	1256,30
Srpanj	4737,44	1315,96
Kolovoz	4639,05	1288,63
Rujan	4413,92	1226,09
Listopad	4004,84	1112,46
Studen	3125,15	868,10
Prosinac	2905,83	807,18

**Godišnji dobici topline**

	Toplinski dobici [MJ]	Toplinski dobici [kWh]
Godišnje	47803,41	13278,72

Vrlo lagana zgrada, plošna masa zidova  $m' \leq 100 \text{ kg/m}^2$ ;  $C_m = 80000 \text{ A}_f [\text{kJ/K}]$ ;  $C_m = 33760000,00 [\text{J/K}]$

### a) Potrebna energija za grijanje

Omjer SATI u tjednu sa definiranom internom temperaturom  $f_{H,hr} = 1,00$

(Sustavi bez prekida rada noću)

Mjesec	$Q_{H,tr}$	$Q_{H,ve}$	$Q_{H,ht}$ [kWh]	$Q_{H,sol}$	$Q_{H,int}$	$Q_{H,gn}$ [kWh]	$\gamma_H$	$\eta_{H,gn}$	$\alpha_{red,H}$	$L_{H,m}$	$Q_{H,nd}$ [kWh]
MJESEČN											
Siječanj	1.685	1.132	2.817	282	590	872	0,31	0,993	1,00	31,0	1.951
Veljača	1.404	929	2.332	382	533	916	0,39	0,985	1,00	28,0	1.431
Ožujak	1.248	786	2.034	562	590	1.152	0,57	0,951	1,00	31,0	938
Travanj	870	492	1.362	622	571	1.194	0,88	0,847	1,00	30,0	351
Svibanj	577	220	796	680	590	1.271	1,60	0,586	1,00	1,00	2
Lipanj	319	22	341	685	571	1.256	3,68	0,270	1,00	0,00	0
Srpanj	213	- 69	143	725	590	1.316	9,17	0,109	1,00	0,00	0
Kolovoz	264	- 29	235	698	590	1.289	5,49	0,182	1,00	0,00	0
Rujan	607	252	859	655	571	1.226	1,43	0,638	1,00	7,00	18
Listopad	936	537	1.473	522	590	1.112	0,76	0,893	1,00	31,0	480
Studen	1.236	783	2.019	297	571	868	0,43	0,979	1,00	30,0	1.169
Prosinac	1.656	1.109	2.765	217	590	807	0,29	0,995	1,00	31,0	1.962
UKUPNO											8301

### b) Potrebna energija za hlađenje

**Napomena :** Proračun potrebne energije za hlađenje je proveden metodom proračuna po mjesecima, dok se točniji rezultati dobivaju pomoću satnih podataka koji trenutno nisu dostupni.

Temperatura unutar zgrade tijekom sezone hlađenja  $\theta_{int,set,C} = 22,00 [^{\circ}\text{C}]$

Omjer DANA u tjednu sa definiranom internom temperaturom  $f_{C,day} = 0,71$

Mjesec	$Q_{C,tr}$	$Q_{C,ve}$	$Q_{C,ht}$ [kWh]	$Q_{C,sol}$	$Q_{C,int}$	$Q_{C,gn}$ [kWh]	$\gamma_C$	$\eta_{C,ls}$	$\alpha_{red,C}$	$Q_{C,nd}$ [kWh]
MJESEČN										
Siječanj	1.810	0	1.810	282	590	872	0,48	0,468	0,86	22
Veljača	1.516	0	1.516	382	533	916	0,60	0,568	0,82	44
Ožujak	1.373	0	1.373	562	590	1.152	0,84	0,723	0,75	120
Travanj	991	0	991	622	571	1.194	1,20	0,865	0,71	239
Svibanj	702	0	702	680	590	1.271	1,81	0,955	0,71	427
Lipanj	440	0	440	685	571	1.256	2,86	0,990	0,71	583
Srpanj	338	0	338	725	590	1.316	3,90	1,000	0,71	695
Kolovoz	389	0	389	698	590	1.289	3,31	0,999	0,71	639
Rujan	728	0	728	655	571	1.226	1,68	0,944	0,71	382

Listopad	1.061	0	1.061	522	590	1.112	1,05	0,817	0,71	175
Studen	1.357	0	1.357	297	571	868	0,64	0,595	0,81	49
Prosinac	1.781	0	1.781	217	590	807	0,45	0,442	0,87	17
UKUPNO										3392

### c) Potrebna energija za zagrijavanje vode

Potrebni podaci	
Broj dana sezone grijanja - $d_g$	220,00 dan
Broj dana izvan sezone grijanja - $d_{ng}$	145,00 dan
Ploština korisne površine zone - $A_k$	158,73 m <sup>2</sup>
Tip zgrade: Stambena zgrada s 3 i manje stambene jedinice	
Specifična toplinska energija potrebna za pripremu PTV - $Q$	12,50 kWh/m <sup>2</sup> a
Potrebna toplinska energija za pripremu PTV (u sezoni)	1195,91 kWh
Potrebna toplinska energija za pripremu PTV (izvan sezone)	788,21 kWh
Potrebna godišnja toplinska energija za pripremu PTV - $Q_w$	1984,13 kWh

### 2.A.5.4. Rezultati proračuna

Rezultati proračuna potrebne toplinske energije za grijanje i toplinske energije za hlađenje prema poglavlju VII. Tehničkog propisa o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama, za zgradu grijanu na temperaturu 18°C ili više	
Oplošje grijanog dijela zgrade	$A = 422,00 \text{ [m}^2\text{]}$
Obujam grijanog dijela zgrade	$V_e = 554,40 \text{ [m}^3\text{]}$
Faktor oblika zgrade	$f_o = 0,76 \text{ [m}^{-1}\text{]}$
Ploština korisne površine	$A_k = 158,73 \text{ [m}^2\text{]}$
Godišnja potrebna toplina za grijanje	$Q_{H,nd} = 8300,97 \text{ [kWh/a]}$
Godišnja potrebna toplina za grijanje po jedinici ploštine korisne površine (za stambene i nestambene)	$Q''_{H,nd} = 52,30 \text{ (max = 63,28) [kWh/m}^2\text{ a]}$
Godišnja potrebna toplina za grijanje po jedinici obujma grijanog dijela zgrade (za nestambene zgrade)	$Q'_{H,nd} = - \text{ (max = -) [kWh/m}^3\text{ a]}$
Godišnja potrebna energija za hlađenje	$Q_{C,nd} = 3391,98 \text{ [kWh/a]}$
Koeficijent transmisivnog toplinskog gubitka po jedinici oplošja grijanog dijela zgrade	$H'_{tr,adj} = 0,32 \text{ (max = 0,50) [W/m}^2\text{ K]}$
Koeficijent transmisivnog toplinskog gubitka	$H_{tr,adj} = 134,12 \text{ [W/K]}$
Koeficijent toplinskog gubitka provjetravanjem	$H_{ve,adj} = 77,65 \text{ [W/K]}$
Ukupni godišnji gubici topline	$Q_l = 61474,50 \text{ [MJ]}$
Godišnji iskoristivi unutarnji dobici topline	$Q_i = 25028,55 \text{ [MJ]}$
Godišnji iskoristivi solarni dobici topline	$Q_s = 22774,86 \text{ [MJ]}$

### 2.A.5.5. Proračun potrošnje i cijene energenata

Rezultati proračuna potrošnje i cijene energenata temeljem godišnje potrebne topline za

grijanje.

Parametri proračuna	Formule	Vrijednosti	Jedinice
Korisna toplina za grijanje ( $Q_{H,nd}$ )		8300,97	kWh/a
Konačna toplina za grijanje ( $Q$ )	$Q_{H,del} = Q$	0,00	kWh
Odabrani energent		Prirodni plin	m <sup>3</sup>
Iskoristivost energenta (I)		85,00	%
Ogrijevna vrijednost ( $O_v$ )		9,71	kWh/m <sup>3</sup>
Godišnja potrošnja energenta	$Pe = Q_{H,del}$	0,00	m <sup>3</sup>
Cijena energenta (C)		5,40	kn/m <sup>3</sup>
Ukupna cijena za grijanje ( $U_c$ )	$U_c = Pe \cdot C$	0,00	kn

#### 2.A.5.6. Proračun godišnje emisije CO<sub>2</sub>

Rezultati proračuna godišnje emisije CO<sub>2</sub>

Parametri proračuna	Formule	Vrijednosti	Jedinice
Konačna toplina za grijanje ( $Q$ )		0,00	kWh
Emisija CO <sub>2</sub> po jedinici topline		0,220	kg/kWh
Godišnja emisija CO <sub>2</sub> ( $Ge$ )	$Ge = Pe \cdot E$	0,00	kg

#### 2.A.5.7. Godišnja primarna energija za grijanje

Parametri proračuna	Formule	Vrijednosti	Jedinice
Potrebna energija za grijanje ( $Q$ )		8300,97	kWh/a
Odabrani izvor		Gorivo	
Odabrani energent		Lako loživo ulje	
Faktor primarne energije ( $e_p$ )		1,10	
Primarna energija za grijanje ( $E$ )	$E_{prim} = Q_{C,nd}$	9131,06	kWh/a

#### 2.A.5.8. Godišnja primarna energija za hlađenje

Parametri proračuna	Formule	Vrijednosti	Jedinice
Potrebna energija za hlađenje		3391,98	kWh/a
Odabrana vrsta struje		Iz akumulacijskih sustava	
Faktor primarne energije ( $e_p$ )		0,80	
Primarna energija za hlađenje ( $E$ )	$E_{prim} = Q_{C,nd}$	2706,80	kWh/a

### 3. Program kontrole i osiguranja kvalitete

Program kontrole i osiguranja kvalitete izrađen je na temelju Zakona o gradnji (NN 153/13), Zakona o građevnim proizvodima (NN br. 76/13 i dop.) i ostaloj regulativi i direktivama vezanim uz građevne proizvode.

Građevni proizvodi smiju se staviti u promet (i koristiti za građenje) samo ako su uporabivi, tj. ako imaju takva svojstva da građevina u koju će se ugraditi ispuni temeljne zahtjeve:

1. mehanička otpornost i stabilnost
2. sigurnost u slučaju požara
3. higijena, zdravlje i okoliš
4. sigurnost i pristupačnost tijekom uporabe
5. zaštita od buke

**6. gospodarenje energijom i očuvanje topline**

7. održiva uporaba prirodnih izvora.

Građevni proizvod je uporabiv, ako su njegova tehnička svojstva sukladna svojstvima određenim normom na koju upućuje tehnički propis, tehničko dopuštenje ili tehnički propis.

Uporabivost građevnog proizvoda dokazuje se Izjavom svojstvima građevnog proizvoda koja se izdaje nakon provedbe odnosno osiguranja provedbe postupka ocjenjivanja sukladnosti tehničkih svojstava proizvoda s tehničkim svojstvima određenim za taj proizvod tehničkom specifikacijom ili tehničkim propisom.

Izjava o svojstvima, odnosno njezina preslika dostavlja se tiskana na papiru ili drugom prikladnom materijalu ili elektroničkim putem primatelju građevnog proizvoda.

- Tehničke upute moraju sadržavati sigurnosne obavijesti, podatke značajne za čuvanje, transport, ugradnju i uporabu građevnog proizvoda te moraju biti pisane na hrvatskom jeziku latiničnim pismom.
- U tehničkim uputama mora biti naveden rok do kojega se građevni proizvod smije ugraditi, odnosno da taj rok nije ograničen.
- Uz pisani tekst, tehničke upute mogu sadržavati nacрте i ilustracije.
- Tehničke upute moraju slijediti svaki građevni proizvod koji se isporučuje. Kada se dva ili više istih građevnih proizvoda isporučuju odjednom, tehničke upute moraju slijediti svako pojedinačno pakiranje.
- Kod isporuke građevnog proizvoda u rasutom stanju tehničke upute moraju slijediti svaku pojedinačnu isporuku.

Od strane izvoditelja radova OBAVEZNA je dostava Izjave o svojstvima (DOP) za sve ugrađene toplinsko-izolacijske materijale i toplinske sustave. Ukoliko dolazi do promjene toplinsko-izolacijskih materijala, zamijenjeni materijali moraju po svemu biti u skladu sa svojstvima danima u ključu za obilježavanje projektom predviđenih toplinsko-izolacijskih materijala.

Kontrolni postupak ispitivanja obuhvaća i vizualni pregled dopremljenih građevinskih materijala i izvedenih radova koji bi u svemu trebali biti izvedeni prema pravilima struke, odnosno prema zahtijevanim hrvatskim normama.

Tehnička svojstva građevnih proizvoda koji se ugrađuju u građevinu u svrhu uštede toplinske energije i toplinske zaštite moraju ispunjavati zahtjeve iz hrvatskih normi ili moraju imati tehnička dopuštenja donesena u skladu s relevantnim zakonom.

Vrste građevnih proizvoda su:

- toplinsko-izolacijski materijali
- samonosivi sendvič-izolacijski paneli s obostranim metalnim slojem
- zidovi i proizvodi za zidanje.

**S TOPLINSKOM ZAŠTITOM, TREBAJU ISPUNITI TOPLINSKO-IZOLACIJSKI GRAĐEVNI PROIZVODI ZA ZGRADE:****HRN EN 13162:2002**

Toplinsko-izolacijski proizvodi za zgrade -- Tvornički izrađeni proizvodi od mineralne vune (MW) -- Specifikacija (EN 13162:2001)

**HRN EN 13162/AC:2007**

Toplinsko-izolacijski proizvodi za zgrade -- Tvornički izrađeni proizvodi od mineralne vune (MW) -- Specifikacija (EN 13162:2001/AC:2005)

**HRN EN 13163:2002**

Toplinsko-izolacijski proizvodi za zgrade -- Tvornički izrađeni proizvodi od ekspaniranog polistirena (ESP) -- Specifikacija (EN 13163:2001)

**HRN EN 13163/AC:2007**

Toplinsko-izolacijski proizvodi za zgrade -- Tvornički izrađeni proizvodi od ekspaniranog polistirena (ESP) -- Specifikacija (EN 13163:2001/AC:2005)

**HRN EN 13164:2002**

Toplinsko-izolacijski proizvodi za zgrade -- Tvornički izrađeni proizvodi od ekstrudirane polistirenske pjene (XPS) -- Specifikacija (EN 13164:2001)

**HRN EN 13164/A1:2004**

Toplinsko-izolacijski proizvodi za zgrade -- Tvornički izrađeni proizvodi od ekstrudirane polistirenske pjene (XPS) -- Specifikacija (EN 13164:2001/A1:2004)

**HRN EN 13164/AC:2007**

Toplinsko-izolacijski proizvodi za zgrade -- Tvornički izrađeni proizvodi od ekstrudirane polistirenske pjene (XPS) -- Specifikacija (EN 13164:2001/AC:2005)

**HRN EN 13165:2002**

Toplinsko-izolacijski proizvodi za zgrade -- Tvornički izrađeni proizvodi od tvrde poliuretanske pjene (PUR) -- Specifikacija (EN 13165:2001)

**HRN EN 13165/A1:2004**

Toplinsko-izolacijski proizvodi za zgrade -- Tvornički izrađeni proizvodi od tvrde poliuretanske pjene (PUR) -- Specifikacija (EN 13165:2001/A1:2004)

**HRN EN 13165/A2:2004**

Toplinsko-izolacijski proizvodi za zgrade -- Tvornički izrađeni proizvodi od tvrde poliuretanske pjene (PUR) -- Specifikacija (EN 13165:2001/A2)

**HRN EN 13165/AC:2007**

Toplinsko-izolacijski proizvodi za zgrade -- Tvornički izrađeni proizvodi od tvrde poliuretanske pjene (PUR) -- Specifikacija (EN 13165:2001/AC:2005)

**HRN EN 13166:2002**

Toplinsko-izolacijski proizvodi za zgrade -- Tvornički izrađeni proizvodi od fenolne pjene (PF) -- Specifikacija (EN 13166:2001)

**HRN EN 13166/A1:2004**

Toplinsko-izolacijski proizvodi za zgrade -- Tvornički izrađeni proizvodi od fenolne pjene (PF) -- Specifikacija (EN 13166:2001/A1:2004)

**HRN EN 13166/AC:2007**

Toplinsko-izolacijski proizvodi za zgrade -- Tvornički izrađeni proizvodi od fenolne pjene (PF) -- Specifikacija (EN 13166:2001/AC:2005)

**HRN EN 13167:2002**

Toplinsko-izolacijski proizvodi za zgrade -- Tvornički izrađeni proizvodi od ćelijastog (penastog) stakla (CG) -- Specifikacija (EN 13167:2001)

**HRN EN 13167/A1:2004**

Toplinsko-izolacijski proizvodi za zgrade -- Tvornički izrađeni proizvodi od ćelijastog (penastog) stakla (CG) -- Specifikacija (EN 13167:2001/A1:2004)

**HRN EN 13167/AC:2007**

Toplinsko-izolacijski proizvodi za zgrade -- Tvornički izrađeni proizvodi od ćelijastog (penastog) stakla (CG) -- Specifikacija (EN 13167:2001/AC:2005)

**HRN EN 13168:2002**

Toplinsko-izolacijski proizvodi za zgrade -- Tvornički izrađeni proizvodi od drvene vune (WW) -- Specifikacija (EN 13168:2001)

**HRN EN 13168/A1:2004**

Toplinsko-izolacijski proizvodi za zgrade -- Tvornički izrađeni proizvodi od drvene vune (WW) -- Specifikacija (EN 13168:2001/A1:2004)

**HRN EN 13168/AC:2007**

Toplinsko-izolacijski proizvodi za zgrade -- Tvornički izrađeni proizvodi od drvene vune (WW) -- Specifikacija (EN 13168:2001/AC:2005)

**HRN EN 13169:2002**

Toplinsko-izolacijski proizvodi za zgrade -- Tvornički izrađeni proizvodi od ekspaniranog perlita (EPB) -- Specifikacija (EN 13169:2001)

**HRN EN 13169/A1:2004**

Toplinsko-izolacijski proizvodi za zgrade -- Tvornički izrađeni proizvodi od ekspaniranog perlita (EPB) -- Specifikacija (EN 13169:2001/A1:2004)

**HRN EN 13169/AC:2007**

Toplinsko-izolacijski proizvodi za zgrade -- Tvornički izrađeni proizvodi od ekspaniranog perlita (EPB) -- Specifikacija (EN 13169:2001/AC:2005)

**HRN EN 13170:2002**

Toplinsko-izolacijski proizvodi za zgrade -- Tvornički izrađeni proizvodi od ekspaniranog pluta (ICB) -- Specifikacija (EN 13170:2001)

**HRN EN 13170/AC:2007**

Toplinsko-izolacijski proizvodi za zgrade -- Tvornički izrađeni proizvodi od ekspaniranog pluta (ICB) -- Specifikacija (EN 13170:2001/AC:2005)

**HRN EN 13171:2002**

Toplinsko-izolacijski proizvodi za zgrade -- Tvornički izrađeni proizvodi od drvenih vlakana (WF) -- Specifikacija (EN 13171:2001)

**HRN EN 13171/A1:2004**

Toplinsko-izolacijski proizvodi za zgrade -- Tvornički izrađeni proizvodi od drvenih vlakana (WF) -- Specifikacija (EN 13171:2001/A1:2004)

**HRN EN 13171/AC:2007**

Toplinsko-izolacijski proizvodi za zgrade -- Tvornički izrađeni proizvodi od drvenih vlakana (WF) -- Specifikacija (EN 13171:2001/AC:2005)

**HRN EN 13172:2002**

Toplinsko-izolacijski proizvodi -- Vrednovanje sukladnosti (EN 13172:2001)

**HRN EN 13172/A1:2005**

Toplinsko-izolacijski proizvodi -- Vrednovanje sukladnosti (EN 13172:2001/A1:2005)

**HRN EN 13499:2004**

Toplinsko-izolacijski proizvodi za primjenu u zgradarstvu -- Povezani sustavi za vanjsku toplinsku izolaciju (ETICS) na osnovi ekspaniranog polistirena -- Specifikacija (EN 13499:2003)

**HRN EN 13500:2004**

Toplinsko-izolacijski proizvodi za primjenu u zgradarstvu -- Povezani sustavi za vanjsku toplinsku izolaciju (ETICS) na osnovi mineralne vune -- Specifikacija (EN 13500:2003)

**HRN EN 1745:2003**

Zidovi i proizvodi za zidanje -- Metode određivanja računskih toplinskih vrijednosti (EN 1745:2002)

**HRN EN 14509:2004**

Samonosivi sendvič-izolacijski paneli s obostranim metalnim slojem -- Tvornički izrađeni proizvodi

### **Napomena za ugradnju materijala za toplinsku, zvučnu i protupožarnu izolaciju:**

#### **Zidovi:**

- kao dodatna toplinska zaštita zidova izvodi se ETICS-sustav (povezani sustav za vanjsku toplinsku izolaciju) s toplinskom izolacijom od ploča ili lamela od kamene vune koji po svemu mora zadovoljavati uvjete ETAGA-004. Sve radove na izvedbi sustava izvesti u skladu s uputama proizvođača (distributera) sustava i pravilima struke. Lamele se na zidove lijepe punoplošno, a ploče linijski po rubovima i točkasto po sredini (ca. 40% površine ploče), polimerno-cementnim ljepilom za lijepjenje proizvoda od kamene vune



(paropropusnost!), debljine ne veće od 0,5 cm. U slučaju postojanja neravnina zidova većih od normama dozvoljenih, izravnanja izvršiti slojem lagane ili produžne podložne žbuke. Lamelle se ne trebaju dodatno pričvrstiti pričvrscima, osim u iznimnim slučajevima (iznad 22 m, izrazito vjetrovita i izrazito trusna područja). Preko sloja izolacije nanosi se ljepilo u debljini od približno 3,00 mm u koje se utiskuje staklena, alkalno-otporna mrežica. Sistemom „mokro na suho“ nanosi se sljedeći sloj ljepila debljine 2,00 mm. Nakon minimalno 7-10 dana sušenja nanosi se sloj za izjednačavanje vodoupojnosti (impregnacijski predpremaz) preko kojeg se nanosi završni sloj na osnovu silikata ili silikona. Ploče kamene vune lijepe se linijski po rubovima i točkasto po sredini, uz obaveznu primjenu mehaničkih spojnica po shemi „W“ (vidi smjernice proizvođača!). - primjena proizvoda od kamene vune preporuča se radi kvalitetnih svojstava toplinske i zvučne zaštite, protupožarnosti (negorivi proizvod!), kvalitetnije paropropusnosti (manja opasnost od razvoja plijesni i gljivica), dugovječnosti, zanemarivog toplinskog rada, veće otpornosti na udar (udar tuče), te mogućnosti lakšeg izlaska vlage iz AB-konstrukcije, čime se sprečava pojava preuranjene korozije armature i betona. - sve fasaderske radove izvesti prema pravilima struke i povoljnim klimatskim uvjetima (optimalna temperatura i vlažnost vanjskog zraka, utjecaj sunčevih zračenja, kiša, magla,...). - obavezna izvedba špaletnih elemenata uz rubove prozora, ako postoje, te dodatnih ojačanja po uglovima kako bi se izbjegla pucanja završnih slojeva uslijed djelovanja skretnih sila na uglovima. - kao toplinska izolacija zidova u kontaktu s tlom, koristi se ekstrudirani polistiren koji se linijski i točkasto lijepe o podlogu, te još ispod razine tla dodatno mehanički zaštićuje čepićastim trakama. Iznad razine tla kao završni sloj koristiti vodoodbojne slojeve na osnovu polimera (prema uputama proizvođača). Armirano-betonske zidove prethodno izravnati slojem mase za izravnavanje ili tankim slojem cementne žbuke



#### Podovi:

- kod plivajućih podova voditi računa o tome da se ploče toplinske izolacije spajaju bez reški, kako bi se u najvećoj mogućoj mjeri umanjili utjecaji zračnih šupljina. Ukoliko se kao toplinska i zvučna izolacija (međukatne konstrukcije) koriste ploče od kamene vune, obavezna primjena PE-folije s obje strane izolacije. U slučaju primjene ploča od elastificiranog polistirena, PE-folija je potrebna samo s gornje strane toplinsko-

izolacijskog sloja. PVC folija se ne smije primjenjivati u kontaktu s polistirenima. Kod međukatnih konstrukcija između grijanih prostora folije idu s obje strane i uloga im je sprečavanje prodora zaostale vlage iz AB- stropova, odnosno vlage iz svježeg cementnog estriha. Preporuka je armiranje estriha armaturnim mrežama, iako se isti mogu i mikroarmirati polipropilenskim ili čeličnim vlaknima, ali uz kvalitetno umješavanje i po točno određenim „recepturama“ proizvođača i/ili dobavljača vlakana. Ukoliko se kao izolacija koriste ploče polistirena, voditi računa da se prilikom ugradnje ugrađuju isključivo ploče samogasivog elastificiranog polistirena gustoće 15 kg/m<sup>3</sup>. Ukoliko su iste u kontaktu s PVC-folijama ili PVC- hidroizolacijskim trakama moraju biti odijeljene uloškom neutralnog sloja – PES-filc i sl. - podovi terasa – kao toplinsku izolaciju unutar plivajućeg poda primijeniti XPS zbog povoljnijeg djelovanja u pogledu unutarnje difuzije, a ujedno i kao dodatne hidroizolacije balkona. Ispod sloja XPS-a prema stambenim prostorima obavezna primjena pjenastog polietilena radi umanjenja utjecaja zvuka udara prilikom hodanja i korištenja lođa i terasa. - u slučaju izolacija podgleda stropova iznad vanjskog prostora, s donje strane se lijepe lamele kamene vune punoplošno, uz obavezno pridržavanje daskama okomito na smjer pružanja lamela i podupiračima kako bi se osigurala što kvalitetnija penetracija ljepila.

#### **Ravni krovovi (neprohodni i prohodni):**

- ugrađivati se smije samo suh i neoštećen proizvod.

- proizvod se polaže na pripremljenu suhu podlogu.

- prilikom polaganja proizvoda na otvorenom potrebno je spriječiti moguće oštećenje uslijed djelovanja atmosferilija (kiša, snijeg).

- ukoliko se izvodi kombinacija proizvoda Smart Roof THERMAL i TOP, proizvod THERMAL se postavlja ISKLJUČIVO ispod proizvoda TOP, pri čemu debljina proizvoda TOP ne smije biti manja od 5,00 cm.

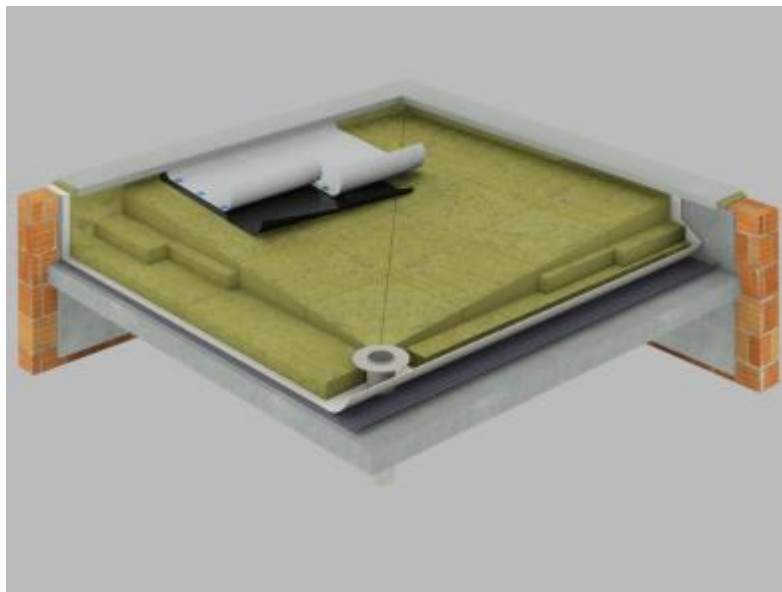
- proizvodi Smart Roof THERMAL i TOP namijenjeni su u prvom redu izvedbi klasičnih, ravnih neprohodnih krovova. Isti se mogu primijeniti i prilikom izvedbe prohodnih krovova uz sljedeće napomene:

- obavezna primjena drenažnih slojeva (geotekstila ili sl.) iznad sloja hidroizolacije,
- obavezna primjena armaturnih mreža nosivih u oba smjera u vlačnoj zoni armirano-betonske ploče (ili estriha), kao nosivih slojeva završne obloge,
- ne preporuča se postava predgotovljenih ploča preko podmetača (podložnih pločica) koji su oslonjeni direktno na hidroizolacijsku foliju. U tom slučaju, preporuča se postava podmetača površine ca. 50% površine završnih ploča, ili oslanjanje podmetača na armirano-betonsku ploču ili estrih preko toplinske izolacije. - prilikom ugradnje proizvoda, potrebno je pridržavati se redoslijeda ugradnje pojedinih slojeva konstrukcije danih u projektnoj dokumentaciji, odnosno projektu u odnosu na toplinsku zaštitu i uštedu energije, te prospektnoj dokumentaciji i preporukama od strane proizvođača.

- tijekom dostave proizvoda (uvijek na paletama), isti se NIKAKO ne smiju položiti direktno na ploče toplinske izolacije (i hidroizolaciju), već ISKLJUČIVO na prethodno položenu podlogu (daske, ploče od iverice i sl.) preko sloja izolacije.

- ukoliko se vrši transport materijala i opreme direktno preko sloja toplinsko-izolacijskih ploča, obavezna je postava hodnih staza od dasaka ili ploča od iverice ili sl., preko spomenutog sloja.

- kod izolacije ravnih ili kosih krovova koji se izoliraju s Knauf Insulation® Smart Roof TOP, THERMAL ili HARD, odnosno Knauf Insulation DDP-G proizvodom, potrebno je poduzeti mjere za sprječavanje oštećenja izolacijskog materijala (izrada privremenih transportnih puteva).



Kod vidljivih završnih hidroizolacijskih traka primijeniti UV-stabilne sintetske hidroizolacijske trake, minimalno debljine 0,18 mm ili drugi sustav hidroizolacije s mehaničkom zaštitom hidroizolacijskih traka.

### Kosi krovovi

Kod kosih krovova (iznad grijanih prostora) osobitu pozornost posvetiti pravilnoj ugradnji parnih brana ili parnih kočnica. Obavezna primjena specijalnih traka za lijepljenje spojeva parnih brana, kočnica i paropropusnih-vodonepropusnih folija.

Obavezna primjena brtvenih traka na spojevima kosih krovova i bočnih zidova.

### Ključevi za obilježavanje

Kod svih toplinsko izolacijskih materijala obavezno navesti ključ za obilježavanje proizvoda, ovisno o aplikaciji:

Ti	Tolerancija za debljinu T2 :+15 mm - 5 mm T5: +3 mm - 1 mm T6: +3 mm - 1 mm T7: +2 mm - 0 mm
DS(TH)	Proizvođač označava one svoje proizvode s ovom kraticom koji su dimenzionalno stabilni kod 70 °C i 90 % relativne vlažnosti zraka
CS(10)i	Oznaka za kvalitetu proizvoda u pogledu <b>tlačne čvrstoće</b> - kolika sila je potrebna da izazove smanjenje debljine proizvoda za 10%. Ako proizvođač izjavi klasu CS(10)70 to znači da garantira da kvaliteta proizvoda za koje
TRi	Oznaka za kvalitetu proizvoda u pogledu <b>delaminacije</b> - kolika sila, okomito na površinu proizvoda, je potrebna da izazove kidanje strukture proizvoda. Ako proizvođač izjavi klasu TR10 to znači da garantira da kvaliteta proizvoda za koje deklarira to svojstvo kod svake proizvodnje bude <b>barem</b> 10 kPa
PL(5)i	Oznaka za kvalitetu u pogledu <b>točkastog opterećenja</b> – kolika sila je potrebna da izazove smanjenje debljine proizvoda za 5 mm. Ako proizvođač izjavi klasu PL(5)500 to znači da garantira da kvaliteta proizvoda za koje
WS	Oznaka za kvalitetu u pogledu <b>kratkotrajne vodoupojnosti</b> - proizvod izložen vodi u trajanju 24 sata ne smije upiti više od 1 kg/m <sup>2</sup> . Kada je taj zahtjev ispunjen proizvođač može u ključ za obilježavanje proizvoda stavljati oznaku

WL(P)	Oznaka za kvalitetu u pogledu <b>dugotrajne vodoupojnosti</b> – proizvod izložen vodi u trajanju 28 dana ne smije upiti više od $3 \text{ kg/m}^2$ . Kada je taj zahtjev ispunjen proizvođač može u ključ za obilježavanje proizvoda stavljati oznaku
SDi	Oznaka za kvalitetu u pogledu <b>dinamičke krutosti</b> – svojstvo proizvoda za izolaciju podova od udarnog zvuka. Ako proizvođač izjavi klasu SD20 to znači da garantira da kvaliteta proizvoda za koje deklarira to svojstvo kod svake proizvodnje bude <b>maksimalno 20</b>
CPi	Oznaka kvalitete u pogledu kompresibilnosti (stišljivosti) - kod proizvoda za izolaciju podova. <b>CP5</b> - kada se izjavi ova klasa znači da proizvod smije pasti na debljini do 5 mm (uzorku se izmjeri debljina pod opterećenjem $0,25 \text{ kPa}$ ( $d_L$ ), zatim se uzorak opteretiti silom od $2 \text{ kPa}$ u trajanju 2 minute, nakon toga se narine dodatna sila od $48 \text{ kPa}$ (dakle ukupno $50 \text{ kPa}$ ) u trajanju 2 minute, zatim se opterećenje smanji na $2 \text{ kPa}$ i nakon 2 minute se mjeri debljina $d_B$ . Zahtjev za CP5: $d_L - d_B \leq 5 \text{ mm}$
AWi	Oznaka kvalitete u pogledu akustičkih svojstava ( $\alpha_w$ vrednovani koeficijent apsorpcije zvuka). Ako proizvođač izjavi klasu AW0,90 to znači da garantira da kvaliteta proizvoda za koje deklarira to svojstvo kod svake proizvodnje
AFi	Oznaka kvalitete u pogledu otpora strujanju. Ako proizvođač izjavi klasu AF5 to znači da garantira da kvaliteta proizvoda za koje deklarira to svojstvo kod svake proizvodnje bude <b>barem</b> na tom nivou.

**Primjeri :**

- Proizvodi za toplinsku, zvučnu i protupožarnu izolaciju kosih krovova

o **T5-DS(TH)-WS-AF5**

- Proizvodi za toplinsku, zvučnu i protupožarnu izolaciju ventiliranih fasada:

o **T5-DS(TH)-CS(10)5-TR1-WL(P)-AF15**

- Proizvodi za toplinsku, zvučnu i protupožarnu izolaciju unutar ETICS sustava

o **T5-DS(TH)-CS(10)50-TR10-WL(P)-AF60**

- Proizvodi za toplinsku, zvučnu i protupožarnu izolaciju ravnih, neprohodnih krovova

o **T5-DS(TH)-CS(10)70-TR10-PL(5)500-WL(P)-AF60**

- itd.

Prema Tehničkom propisu o racionalnoj upotrebi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama (NN 128/2015) održavanje zgrade u odnosu na racionalnu upotrebu energije i toplinsku zaštitu mora biti takvo da se tijekom trajanja zgrade očuvaju njezina tehnička svojstva i ispunjavaju zahtjevi određeni projektom zgrade i Tehničkim propisom, te drugi zahtjevi koje zgrada mora ispunjavati u skladu s posebnim propisom donesenim u skladu sa Zakonom o gradnji.

Održavanjem zgrade, odnosno, ni na koji drugi način, ne smiju se ugroziti tehnička svojstva i ispunjavanje zahtjeva za zgradu propisanih Tehničkim propisom o uštedi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama.

Održavanje zgrade u smislu uštede toplinske energije i toplinske zaštite podrazumijeva:

- pregled zgrade u odnosu na uštedu energije i toplinsku zaštitu u razmacima i na način određen projektom zgrade i/ili na način određen posebnim propisom donesenim u skladu sa Zakonom o gradnji MINIMALNO DVA PUTA GODIŠNJE, u proljeće i kasnu jesen, kako bi se odmah i krovni oluci očistili od lišća, te na taj način spriječio procurivanje, odnosno začepljivanje oluka.

Pri tome osobitu pozornost obratiti na sljedeće građevne dijelove:

- krovovi – obavezna provjera osnovnog i ukoliko je moguće sekundarnog pokrova. Tu provjeru izvršiti obavezno prije zime, ali i tijekom čitave godine kako bi se spriječio prodor oborinskih voda u konstrukciju krovništa i toplinsku izolaciju.

- zidovi - obavezna provjera završnih slojeva i saniranje eventualno nastalih pukotina kako bi se spriječio prodor vlage kroz njih, smrzavanje i razaranje strukture te konačan prodor vode unutar toplinske izolacije i konstrukcije zida.

Obavezna je također provjera stanja parnih brana i saniranje eventualno nastalih oštećenja.

**Važna napomena:** ukoliko se namjerava iz bilo kojeg razloga mijenjati projektirani toplinsko-izolacijski materijal, ugrađeni materijal **NE SMIJE BITI LOŠIJE KVALITETE OD PROJEKTOM PREDVIĐENOG** niti po jednom od bitnih parametara (koeficijent toplinske provodljivosti, paropropusnost, razred reakcije na požar, ...). Za sve ugrađene toplinsko-izolacijske materijale moraju se priložiti valjane potvrde, a za one koji ne odgovaraju projektom predviđenima sve potrebne suglasnosti i dokazi da isti ne narušavaju proračunom dokazane vrijednosti.

## 5. Primijenjeni propisi i norme

POPIS HRVATSKIH NORMI I DRUGIH TEHNIČKIH SPECIFIKACIJA ZA PRORAČUNE GRAĐEVNIH DIJELOVA ZGRADE I ZGRADE KAO CJELINE

NORME ZA PRORAČUN

**HRN EN 410:2011**

Staklo u graditeljstvu -- Određivanje svjetlosnih i sunčanih značajka ostakljenja (EN 410:2011)

**HRN EN 673:2011**

Staklo u graditeljstvu -- Određivanje koeficijenta prolaska topline (U vrijednost) -- Proračunska metoda (EN 673:2011)

**HRN EN ISO 6946:2008**

Građevni dijelovi i građevni dijelovi zgrade -- Toplinski otpor i koeficijent prolaska topline -- Metoda proračuna (ISO 6946:2007; EN ISO 6946:2007)

**HRN EN ISO 9836:2011**

Standardi za svojstva zgrada -- Definiranje i proračun površina i prostora (ISO 9836:2011)

**HRN EN ISO 10077-1:2008**

Toplinska svojstva prozora, vrata i zaslona -- Proračun koeficijenta prolaska topline -- 1. dio: Općenito (ISO 10077-1:2006; EN ISO 10077-1:2006)

**HRN EN ISO 10077-1:2008/Ispr.1:2010**

Toplinska svojstva prozora, vrata i zaslona -- Proračun koeficijenta prolaska topline -- 1. dio: Općenito (ISO 10077-1:2006/Cor 1:2009; EN ISO 10077-1:2006/AC:2009)

**HRN EN ISO 10211:2008**

Toplinski mostovi u zgradarstvu -- Toplinski tokovi i površinske temperature -- Detaljni proračuni (ISO 10211:2007; EN ISO 10211:2007)

**HRN EN ISO 10456:2008**

Građevni materijali i proizvodi -- Svojstva s obzirom na toplinu i vlagu -- Tablične projektne vrijednosti i postupci određivanja nazivnih i projektnih toplinskih vrijednosti (ISO 10456:2007; EN ISO 10456:2007)

**HRN EN 12464-1:2012**

Svjetlo i rasvjeta -- Rasvjeta radnih mjesta -- 1. dio: Unutrašnji radni prostori (EN 12464-1:2012)

**HRN EN ISO 13788:2002**

Značajke građevnih dijelova i građevnih dijelova zgrada s obzirom na toplinu i vlagu --  
Temperatura unutarnje  
površine kojom se izbjegava kritična vlažnost površine i unutarnja kondenzacija --  
Metode proračuna  
(ISO 13788:2001; EN ISO 13788:2001)

**HRN EN ISO 13789:2008**

Toplinske značajke zgrada -- Koeficijenti prijelaza topline transmisijom i ventilacijom --  
Metoda proračuna  
(ISO 13789:2007; EN ISO 13789:2007)

**HRN EN ISO 13790:2008**

Energetska svojstva zgrada -- Proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje prostora  
(EN ISO 13790:2008)

**HRN EN ISO 14683:2008**

Toplinski mostovi u zgradarstvu -- Linearni koeficijent prolaska topline --  
Pojednostavljena metoda i utvrđene  
vrijednosti (ISO 14683:2007; EN ISO 14683:2007)

**HRN EN 15193:2008**

Energijska svojstva zgrade -- Energijski zahtjevi za rasvjetu (EN 15193:2007)

**HRN EN 15193:2008/Ispr.1:2011**

Energijska svojstva zgrade -- Energijski zahtjevi za rasvjetu (EN 15193:2007/AC:2010)

**HRN EN 15232:2012**

Energijske značajke zgrada -- Utjecaj automatizacije zgrada, nadzor i upravljanje  
zgradama (EN 15232:2012)

**HRN EN 15251:2008**

Ulazni mikroklimatski parametri za projektiranje i ocjenjivanje energijskih značajka  
zgrada koji se odnose na  
kvalitetu zraka, toplinsku lagodnost, osvjetljenje i akustiku (EN 15251:2007)

**HRN EN 674:2012**

Staklo u graditeljstvu -- Određivanje koeficijenta prolaska topline (U-vrijednost) --  
Metoda sa zaštićenom  
vrućom pločom (EN 674:2011)

**HRN EN 1026:2001**

Prozori i vrata -- Propusnost zraka -- Metoda ispitivanja (EN 1026:2000)

**HRN EN 12207:2001**

Prozori i vrata -- Propusnost zraka -- Razredba (EN 12207:1999)

**HRN EN ISO 12412-2:2004**

Toplinske značajke prozora, vrata i zaslona -- Određivanje koeficijenta prolaska topline  
metodom vruće  
komore -- 2. dio: Okviri (EN 12412-2:2003)

## ZAKONI, PRAVILNICI I PROPISI

**Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama**  
(„Narodne novine” broj 128/15)

**Zakon o gradnji**  
(„Narodne novine” broj 153/13, 20/17)

**Zakon o građevnim proizvodima**  
(„Narodne novine” broj 76/13, 30/14)

**Zakon o energetske učinkovitosti**  
(„Narodne novine” broj 127/14)

**Tehnički propis za prozore i vrata**  
(„Narodne novine” broj 69/06)

**Pravilnik o energetskim pregledima građevina i energetskom certificiranju zgrada**  
(„Narodne novine” broj 81/12, 29/13, 78/13)  
Propis je prestao važiti, ali se primjenjuju odredbe u dijelu koji se odnosi na provođenje energetskih pregleda građevina i javne rasvjete do donošenja posebnog propisa kojim će se urediti to područje.

**Pravilnik o energetskom pregledu zgrade i energetskom certificiranju**  
(„Narodne novine” broj 48/14, 150/14, 133/15, 22/16, 49/16, 17/17)

**Pravilnik o sustavnom gospodarenju energijom u javnom sektoru**  
(„Narodne novine” broj 18/15, 06/16)

**Pravilnik o kontroli energetskog certifikata zgrade i izvješća o redovitom pregledu sustava grijanja i sustava hlađenja ili klimatizacije u zgradi**  
(„Narodne novine” broj 73/15)

**Pravilnik o osobama ovlaštenim za energetsko certificiranje, energetski pregled zgrade i redoviti pregled sustava grijanja i sustava hlađenja ili klimatizacije u zgradi**  
(„Narodne novine” broj 73/15, 133/15)

**Pravilnik o otpornosti na požar i drugim zahtjevima koje građevine moraju zadovoljiti u slučaju požara**  
(„Narodne novine” broj 29/13; 87/15)

**Meteorološki podaci – primjenjuju se od 1. siječnja 2016**

**Metodologija provođenja energetskog pregleda građevina (lipanj 2014)**

**Algoritam za izračun energetskih svojstava zgrade**